

**A B S T R A K**

**MODIFIKASI DAN PERENCANAAN**  
**GEDUNG 5 STAR HOTEL**  
**DENGAN SISTEM BALOK PRATEKAN**

Oleh :

**DJOKO SUSILO**

Dosen Pembimbing :

**DR. Ir. I GUSTI PUTU RAKA**

Beton pratekan adalah beton yang mengalami tegangan internal yang besar yang terdistribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal. Sistem pratekan atau tegangan internal diberikan kepada beton dengan jalan menarik tulangnya.

Gaya pratekan tidak konstan terhadap waktu. Tegangan-tegangan selama berbagai tahap pembebanan selalu berubah-ubah. Dalam struktur rangka gedung bertingkat dengan balok-balok dari beton pratekan, kehilangan pratekanan juga ditimbulkan oleh adanya gaya perlawanan dari komponen struktur lainnya, seperti kolom. Kondisi ini dialami terutama bergantung pada tahap-tahap pelaksanaan setiap tingkat bangunan dan setiap tahap *jacking*.

Kekuatan batas penampang beton pratekan yang mengalami lenturan ditentukan berdasarkan persyaratan indeks tulangan global minimum dan juga beban terfaktor yang dihasilkan paling sedikit sebesar 1,2 kali beban retak yang dihitung berdasarkan modulus runtuh.

Untuk mendapatkan perilaku yang cukup daktail dari beton pratekan dan tetap dihasilkan desain struktur yang praktis dan ekonomis secara keseluruhan, maka perencanaan ini didasarkan pada tingkat daktilitas terbatas. Hal ini juga mengingat struktur gedung yang memiliki bentang-bentang balok yang relatif panjang.



## DAFTAR NOTASI

- $a$  = Tinggi blok persegi tegangan beton ekivalen.
- $A_c$  = Luas penampang beton.
- $A_g$  = Luas bruto penampang.
- $A_{ps}$  = Luas tendon pratekan.
- $A_s$  = Luas tulangan tarik non pratekan.
- $A_{s'}$  = Luas tulangan tekan.
- $A_{st}$  = Luas tulangan total tulangan longitudinal.
- $A_{sv}$  = Luas tulangan geser.
- $AUC$  = Variasi harga *creep* terhadap waktu, dapat dilihat pada Tabel 5.4.
- $AUS$  = Variasi susut terhadap waktu, harganya dapat dilihat pada Tabel 5.6.
- $A_v$  = Luas tulangan geser.
- $b$  = Lebar dari muka tekan komponen struktur.
- $b_e$  = Lebar efektif balok pada penampang T dan L.
- $b_j$  = Lebar efektif join balok kolom, mm.
- $b_o$  = Keliling dari penampang kritis pada pelat dan pondasi.
- $b_w$  = Lebar badan balok.
- $C_{nl}$  = Harga rata-rata konus, dihitung mulai dari ujung tiang sampai 3 D ke bawah.



- $C_{n2}$  = Harga rata-rata konus minimum dihitung mulai ujung tiang sampai 3 D ke bawah.
- $C_{n3}$  = Harga rata-rata konus minimum, dihitung mulai dari ujung tiang sampai 8 D ke atas.
- $C_r$  = Kekuatan kohesi rencana ( $\text{kg/m}^2$ ).
- $= 0,5 C_u$
- $C_t$  = Jarak dari sumbu pusat penampang bruto ke serat tekan terluar atas.
- $C_b$  = Jarak dari sumbu pusat penampang bruto ke serat tarik terluar bawah.
- $C_u$  = Kekuatan kohesi tanah lempung.
- $d$  = Jarak dari serat tekan terluar terhadap titik pusat tulangan tarik.
- $D$  = Lebar / diameter tiang ( m )
- $D_L$  = Beban mati, dapat berupa momen ( $M_{DL}$ ), beban terbagi rata ( $q_{DL}$ ).
- $d$  = Jarak dari serat tekan terluar terhadap titik pusat tulangan tarik.
- $d'$  = Jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tekan.
- $d_b$  = Diameter nominal dari batang tulangan.
- $dc$  = Tebal selimut beton.
- $e_o$  = Jarak gaya pratekan ke garis netral beton ( $C_{gc}$ ).
- $E_c$  = Modulus elastisitas beton.
- $EI$  = Kekakuan lentur komponen struktur tekan.
- $EI/L_u$  = Faktor kekakuan kolom atau balok yang ditinjau.
- $E_s$  = Modulus elastisitas tulangan ( $= 200000 \text{ MPa}$ ).
- $F_1$  = Gaya pratekan pada angker hidup.



- $F_2$  = Gaya pratekan pada angker mati.
- $F$  = gaya pratekan efektif (=  $F_e$ )
- =  $\eta F_i$  ( $\eta = \frac{f_{pe}}{f_{pi}} = 0,75 - 0,85$ , A. E. Naaman psl 8.9 )
- $f_c'$  = Kuat tekan beton karakteristik umur 28 hari, yang didapatkan dari uji tekan silinder.
- $f_{cir}$  = Tegangan dalam beton pada  $C_{gs}$  selama beban  $F_o$ .
- $f_{ck}'$  = Kuat tekan beton karakteristik umur 28 hari yang didapatkan dari uji tekan kubus bersisi 15 cm.
- $F_i$  = Gaya pratekan awal pada saat transfer.
- $f_{ps}$  = Kuat leleh yang disyaratkan dari tendon pratekan.
- $f_r$  = Modulus keruntuhan lentur dari beton.
- $f_y$  = Kuat leleh yang disyaratkan dari tulangan non pratekan.
- $g$  = Intensitas dari slip angker.
- $g = 1/E_p \int_0^x \sigma_p \cdot dx$  ..... ( 5.11 )
- $h$  = Tinggi total dari komponen struktur.
- $h$  = Tebal dinding geser.
- $h_e$  = Tinggi efektif join balok-kolom.
- $h_{iv}$  = Tinggi total dinding geser.
- $H_o$  = Gaya lateral rencana per diameter tiang ( kg/m )
- $I$  = Momen inersia penampang.
- $JHP$  = Jumlah hambatan pelek ( kg/cm<sup>2</sup> ).
- $k$  = Faktor panjang tekuk (untuk kolom).





- $k$  = 0,8 (dikekang terhadap rotasi pada kedua ujung), (untuk dinding geser).
- $K$  = Koefisien *wobble efek*.
- $k_b$  = Kern bawah ( $= Z_t / A_c$ ).
- $k_b'$  = Kern bawah pada kondisi tarik masih diijinkan.
- $k_t$  = Kern atas ( $= Z_b / A_c$ ).
- $k_t'$  = Kern atas pada kondisi tarik masih diijinkan.
- $L$  = Panjang penunjang tiang.
- $l_w$  = Lebar dinding geser.
- $ldb$  = Panjang penyaluran dasar dari tulangan.
- $ldh$  = Panjang penyaluran kait standart hook dari tulangan.
- $ln$  = Panjang bentang bersih, diukur dari muka ke muka tumpuan.
- $L_L$  = Beban hidup, dapat berupa momen ( $M_{LL}$ ), beban terbagi rata ( $q_{LL}$ ).
- $lu$  = Panjang struktur tekan yang tidak ditopang.
- $m$  = Jumlah baris pondasi tiang pancang.
- $M_{1b}$  = Nilai yang lebih kecil dari momen ujung berfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping, positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal dan negatif untuk kelengkungan ganda.
- $M_{2b}$  = Nilai yang lebih besar dari momen ujung berfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping, positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal dan negatif untuk kelengkungan ganda.



- $M_{2s}$  = Nilai yang lebih besar dari momen ujung berfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping.
- $M_c$  = Momen rencana kolom setelah diperbesar.
- $MCF$  = Faktor pengaruh dari umur beton dan lama *curing*, harganya dapat dilihat pada Tabel 5.3.
- $M_{cr}$  = Momen yang menyebabkan terjadinya retak lentur pada penampang akibat beban luar.
- $M_n$  = Kuat momen nominal pada suatu penampang.
- $M_o$  = Momen luar pada ujung tiang dalam kg m/m.
- $M_u$  = Momen berfaktor pada penampang.
- $M_x$  = Momen yang terjadi pada arah x.
- $M_y$  = Momen yang terjadi pada arah y.
- $n$  = Perbandingan antara modulus elastisitas baja dengan modulus elastisitas beton pada saat transfer.  
=  $E_s / E_{ci}$
- $n$  = Banyaknya tiang dalam kelompok tiang.
- $O$  = Keliling tiang pancang (cm).
- $PCR$  = Besarnya *creep* tiap-tiap interval waktu.  
=  $(AUC)_t - (AUC)_{t_1}$
- $P_{max}$  = Beban maximum yang diterima 1 tiang pancang.
- $\Sigma P_u$  = Jumlah total beban aksial yang bekerja pada tiang (termasuk berat poer).
- $P_{nb}$  = kekuatan nominal kolom akibat momen dua arah.



- $P_{no}$  = kekuatan nominal kolom akibat beban aksial konsentris.
- $P_{nx}$  = kekuatan nominal, kolom arah x.
- $P_{ny}$  = kekuatan nominal kolom arah y
- $PSH$  = Banyaknya *shrinkage* untuk tiap-tiap interval waktu.  
 $= (AUS)_t - (AUS)_u$
- $Q_c$  = Daya dukung akibat perlawanan ujung.
- $Q_s$  = Daya dukung akibat lekatan sepanjang keliling tiang.
- $r$  = Radius girasi suatu penampang tekan.
- $R$  = Tegangan tanah lateral yang diijinkan.  
 $= 1500 \text{ kg/cm/m}$  (untuk tanah lempung lunak).
- $s$  = Spasi dari sengkang.
- $s_1$  = Spasi dari tulangan vertikal dalam dinding.
- $s_2$  = Spasi dari tulangan geser atau torsi tegak lurus terhadap tulangan longitudinal atau spasi dari tulangan horisontal dalam dinding.
- $SCF$  = Faktor pengaruh dari ukuran dan bentuk balok pratekan, harga  $SCF$  dapat dilihat pada Tabel 5.2.
- $SF_1$  = *Safety factor* terhadap perlawanan ujung = 3
- $SF_2$  = *Safety factor* terhadap hambatan lekat = 5
- $SSF$  = Faktor pengaruh ukuran dan bentuk dari balok, nilainya dapat dilihat pada Tabel 5.5.
- $T_c$  = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton.
- $T_s$  = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan tulangan torsi.



- $T_n$  = Kuat momen torsi nominal total.
- $V_c$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton.
- $V_s$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan sengkang.
- $V_n$  = Kuat geser nominal total.
- $x_1$  = jarak pusat ke pusat terpendek dari suatu sengkang tertutup
- $X_{max}$  = Absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang.
- $\Sigma X^2$  = Jumlah dari kuadrat absis tiap tiang.
- $y_1$  = jarak pusat ke pusat terpanjang dari suatu sengkang tertutup
- $Y_{max}$  = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang.
- $\Sigma Y^2$  = Jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang.
- $z$  = Besaran pembatas distribusi tulangan lentur.
- $Z_t$  = Momen kelembaman atas ( $= I / C_t$ ).
- $Z_b$  = Momen kelembaman bawah ( $= I / C_b$ ).
- $\alpha$  = Rasio dari kekakuan lentur penampang balok terkekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis sumbu dari panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi balok.
- $\alpha$  = Perubahan sudut  $C_{gs}$  (radian) (untuk balok pratekan).
- $\alpha_m$  = Nilai rata-rata dari  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi dari suatu panel.
- $\beta$  = Rasio dari bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah.



- $\beta_c$  = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat / muka tumpuan.
- $\beta_d$  = Nilai mutlak rasio antara momen max akibat beban mati berfaktor terhadap momen maksimum akibat beban total berfaktor.
- $\beta_s$  = Rasio dari panjang tepi yang menerus terhadap perimeter total dari suatu panil pelat.
- $\delta_b$  = Faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping.
- $\delta_s$  = Faktor pembesar momen untuk rangka yang tidak ditahan terhadap goyangan ke samping.
- $\phi$  = Faktor reduksi kekuatan.
- $\phi$  = Arc tg ( D/s ) dalam derajat (untuk pondasi).
- $\rho$  = Rasio tulangan tarik non pratekan.
- $\rho'$  = Rasio tulangan tekan non pratekan.
- $\rho_b$  = Rasio tulangan non pratekan yang memberikan kondisi regangan berimbang.
- $\rho_s$  = Rasio dari volume tulangan spiral terhadap volume inti total.
- $\rho_p$  = Rasio tulangan pratekan.
- $\sigma_{ci}$  = Tegangan tekan beton yang diijinkan pada saat awal.  
=  $0,6 \cdot f_{c_i}'$
- $\sigma_{cs}$  = Tegangan tekan beton yang diijinkan pada saat beban service.  
=  $0,45 \cdot f_{c'}$
- $\sigma_o$  = Tegangan sebelum slip.



$\sigma_o \cdot g$  = Tegangan setelah slip.

$\sigma_g$  = Tegangan yang bekerja pada titik berat beton akibat gaya pratekan awal.

$\sigma_{gi}$  = Tegangan yang bekerja pada titik berat beton akibat gaya pratekan akhir.

$\sigma_p$  =  $g \cdot E_p$

$\sigma_{ti}$  = Tegangan tarik beton yang diijinkan pada saat awal.

$$= 0,25 \cdot \sqrt{f_{c_i}'}$$

$\sigma_{ts}$  = Tegangan tarik beton yang diijinkan pada saat beban service.

$$= 0,5 \cdot \sqrt{f_{c_i}'}$$

$\omega$  =  $\rho \cdot f_y / f_{c_i}'$

$\omega'$  =  $\rho' \cdot f_y / f_{c_i}'$

$\omega_p$  =  $\rho_p \cdot f_{ps} / f_{c_i}'$

$\psi$  = Tingkat penjepitan ujung kolom.



## **BAB DUA**

---

### **DASAR-DASAR PERENCANAAN**

---

#### **2.1. DATA-DATA BANGUNAN**

##### **2.1.1. Data Umum Bangunan**

*5 Star Hotel* adalah hotel berbintang lima, bertingkat empat pada podium dan bertingkat dua puluh tiga pada tower. *5 Star Hotel* berlokasi di jalur strategis di kawasan Surabaya bagian Tengah dengan data-data sebagai berikut :

- ☐ Nama Gedung : **5 STAR HOTEL**
- ☐ Fungsi Bangunan : Hotel
- ☐ Lokasi : Jl. Tunjungan Surabaya

Batas lokasinya adalah sebagai berikut :

- ♦ Sebelah Utara : Jl. Embong Malang
- ♦ Sebelah Selatan : Pemukiman penduduk



- ♦ Sebelah Barat : Gedung *Crystal Garden* Surabaya
- ♦ Sebelah Timur : Pertokoan dan Perkantoran *Tunjungan Plaza*

### 2.1.2. Data Teknis Bangunan

Data teknis bangunan aslinya meliputi :

- ☐ Podium : 4 lantai dengan luas 19.380 m<sup>2</sup>
- ☐ Tower : 23 lantai dengan luas 28.240 m<sup>2</sup>

### 2.1.3. Data Tanah

Dari hasil penyelidikan tanah menunjukkan bahwa kondisi tanah di bawah gedung tersebut adalah tanah lunak, yang berupa tanah lempung. Hal ini menyebabkan dibutuhkan pondasi tiang pancang dengan kedalaman yang cukup untuk memikul struktur gedung tersebut.

Gedung ini berada pada *zone* gempa 4 dari peta wilayah gempa untuk kota Surabaya (PPTGIUG '83).

## 2.2. PENYEDERHANAAN STRUKTUR

Di dalam Tugas Akhir ini, dicoba merencanakan struktur dari podium dan *tower*-nya. Yang dalam hal ini, dilakukan juga beberapa penyederhanaan.

Adapun beberapa penyederhanaan struktur di dalam Tugas Akhir ini antara lain:

- ☐ Perencanaan disini hanya ditinjau dari segi teknisnya saja tanpa meninjau segi estetis dan ekonomisnya.





- ☐ Tinggi bangunan dirubah menjadi :
  - ♦ 1 Lantai dasar.
  - ♦ 2 Lantai podium.
  - ♦ 1 Lantai Mezzanine
  - ♦ 6 Lantai *tower* yang fungsinya sama (tipikal).
  - ♦ 1 Lantai atap.
- ☐ Pelat dianggap sebagai diafragma yang sangat kaku untuk mendistribusikan beban gempa kepada kolom dan *shear wall*.
- ☐ Balok anak dan tangga hanyalah bersifat membebani struktur utama yang berupa beban terpusat, tapi tidak mempengaruhi perilaku struktur utama.
- ☐ Balok anak, selain balok anak tepi yaitu yang terletak pada tepi pelat yang tidak menerus, direncanakan tidak menerima torsi sehingga tulangan torsi pada balok anak hanya dipasang minimum.
- ☐ Pada perencanaan pondasi, direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang dengan tiang pancang yang sudah ada di pasaran.

### 2.3. PERATURAN-PERATURAN YANG DI DIGUNAKAN

Di dalam penyusunan Tugas Akhir ini, digunakan pedoman dari beberapa peraturan yang ada antara lain :

- ☐ Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI '71)
- ☐ Pedoman Beton 1989 (PB '89)



- ☐ Standart Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI T-15-1991-03)
- ☐ Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG '83)
- ☐ ACI 318-83 M
- ☐ Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1983 (PPTGIUG '83).
- ☐ Peraturan Perencanaan untuk Struktur Beton Bertulang dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983
- ☐ Peraturan-peraturan penunjang lainnya.

#### **2.4. PEMBEBANAN**

Jenis pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan gedung ini adalah :

##### **1. Beban Mati (PPIUG '83, Pasal 2.1)**

Mencakup semua beban yang disebabkan oleh berat sendiri struktur yang bersifat tetap dan bagian lain yang tidak terpisahkan dari gedung.

##### **2. Beban Hidup (PPIUG '83, Pasal 3.1 dan Pasal 3.2)**

Mencakup semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung sesuai dengan PPIUG '83, termasuk barang-barang pada ruangan yang tidak permanen. Menurut PPIUG '83, Pasal 3.1 dan Pasal 3.2, besarnya beban hidup yang bekerja tergantung dari tingkat fungsional ruang itu sendiri.



Adapun beban hidup tersebut adalah :

- Lantai 1 sampai 8 =  $250 \text{ kg/m}^2$
- Atap =  $100 \text{ kg/m}^2$
- Tangga dan bordes =  $300 \text{ kg/m}^2$

### 3. Beban Angin

Beban angin diatur dalam PPIUG '83 Bab - 4.

### 4. Beban Gempa

Beban gempa ini didasarkan pada PPTGIUG '83 dengan *zone* gempa 4 untuk daerah Surabaya.

## 2.5. METODE ANALISA DAN PERHITUNGAN

Untuk analisa struktur pada gedung ini ada beberapa cara yang di gunakan antara lain :

- ☐ Pada perhitungan gaya-gaya dalam pelat lantai dan pelat atap yang berbentuk persegi digunakan bantuan paket program SAP 90 dan PBI '71.
- ☐ Untuk analisa statis pada beberapa unsur sekunder digunakan bantuan paket program SAP 90.
- ☐ Untuk mendapatkan gaya-gaya dalam dari balok anak, digunakan program bantu SAP 90 dengan memodelkan balok anak sebagai balok yang terletak pada beberapa tumpuan (*2D Beam Model*) dengan menganggap tumpuan tengah sebagai sendi dan tumpuan tepi sebagai jepit penuh, sedangkan penulangannya berdasarkan SK SNI T-15-1991-03.



- ☐ Untuk analisa statis dan dinamis struktur utama, digunakan analisa 3 (tiga) dimensi dengan bantuan paket program SAP 90. Struktur utama ini dimodelkan sebagai struktur *Open Frame* 3 dimensi (*Space Frame*). Karena kekakuan dalam arah bidang (*in plane*) dari kebanyakan lantai beton cukup tinggi, maka lantai beton tersebut dapat dimodelkan sebagai "*rigid floor diaphragma*".
- ☐ Untuk pemodelan dengan cara ini maka massa tiap-tiap lantai dapat diasumsikan terpusat pada satu nodal atau *master joint* (*lumped mass parameter*). Cara ini sangat bermanfaat dalam mengurangi jumlah persamaan sehingga akan meningkatkan jumlah persoalan yang mampu dipecahkan oleh komputer.

## 2.6. PERENCANAAN TERHADAP GEMPA

Metode penyelesaian yang dipakai dalam analisa dinamis pada perencanaan gedung ini adalah metode *Respons Spectrum Analysis*, dimana pada gedung akan digunakan spectrum percepatan respons gempa rencana yang dihitung menurut diagram koefisien gempa dasar C untuk wilayah gempa 4 dengan struktur di atas tanah lunak.

### 2.6.1. Peninjauan Terhadap Konfigurasi Struktur

Peninjauan terhadap Konfigurasi struktur ini bertujuan untuk menentukan apakah bentuk struktur yang akan direncanakan ini memenuhi syarat gedung yang tahan



gempa atau tidak. Dimana syarat dari konfigurasi struktur yang tahan terhadap gempa, antara lain :

1. Bentuk dasar sederhana dan simetris, atau mendekati simetris,
2. Kekakuan tingkatnya seragam, atau mendekati seragam,
3. Distribusi massa-bangunan (beban), simetris dan seragam,
4. Eksentrisitas antara titik-pusat massa bangunan dan titik-pusat kekakuan strukturnya mendekati 0 (nol), berimpit,
5. Tidak terdapat loncatan bidang muka (*set back*) pada arah vertikal,
6. Tidak terdapat *soft column* dan atau *short column*,
7. Bila bangunan tidak sederhana bentuknya (misalnya bentuk L, U, T, +), maka dapat diadakan pemisahan struktur, sehingga kembali kepada bentuk dasar sederhana (point 1),
8. Menggunakan bahan struktur yang cocok, mempunyai kekuatan, kekakuan dan daktilitas yang tinggi, ringan dan ekonomis serta aman.

Hasil dari peninjauan terhadap konfigurasi struktur di atas, ternyata bangunan yang akan direncanakan pada Tugas Akhir ini tidak memenuhi beberapa syarat di atas, yaitu syarat point 1 sampai dengan point 5. Tidak terpenuhinya beberapa syarat di atas mengakibatkan timbulnya dampak sebagai berikut :

1. Terjadi defleksi gedung yang besar dan tidak merata, sehingga menghasilkan putaran-putaran dalam unsur-unsurnya, terutama pada ujung-ujung balok dan kolom sehingga harga momen menjadi besar.



2. Timbul momen puntir, yang selanjutnya dapat mengakibatkan gaya geser tambahan pada komponen struktur vertikal (seperti kolom dan dinding) disuatu tingkat.

### 2.6.2. Pemecahan Masalah

Ada beberapa alternatif yang dapat dilakukan guna mengatasi dampak/masalah-masalah yang terjadi di atas, antara lain :

1. Melakukan pemisahan struktur, yaitu dengan memisahkan antara podium dengan *tower*, dimana antara struktur podium dengan struktur *tower* dibatasi dengan *shear dilatasi* sehingga diperoleh struktur yang berdiri sendiri.
2. Memberikan unsur penahan gaya lateral pada struktur vertikal (*Brace Frame* atau *Shear Wall*), searah dengan gaya lateral akibat gempa (atau searah dengan defleksi yang terbesar), dengan tujuan untuk memberikan kekakuan pada struktur vertikal.

Dalam Tugas Akhir ini diambil alternatif kedua, yaitu dengan menambahkan unsur penahan gaya lateral berupa *shear wall*. Dengan alasan :

1. Bila diambil alternatif pertama, maka akan diperoleh konfigurasi struktur yang berbentuk persegi panjang, terutama pada struktur podium. Hal ini kurang menguntungkan, karena defleksi yang terjadi pada arah yang satu akan jauh lebih besar dari arah yang lain, (dalam hal ini bisa dikatakan defleksi arah Y akan jauh lebih besar dari arah X).



2. Balok pada lantai-lantai podium direncanakan menggunakan sistem balok pratekan, dimana arahnya adalah searah dengan defleksi terbesar yang akan terjadi bila alternatif pertama yang diambil. Hal yang perlu diperhatikan pula bahwa sistem balok pratekan adalah sangat menguntungkan bila menerima beban gravitasi, tetapi kurang baik bila menerima beban yang bolak-balik terutama akibat gempa.
3. Diasumsikan bahwa pihak desain arsitektur tidak keberatan dengan perubahan/penempatan *shear wall* pada tempat-tempat yang telah ditentukan bila alternatif kedua dilakukan.

Untuk selanjutnya, gambar/denah sebelum dan sesudah peninjauan konfigurasi struktur dan pemecahan masalah dilakukan, dapat dilihat pada Lampiran A, Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.

Dalam perencanaan selanjutnya, perhitungan struktur utama (balok induk non pratekan dan kolom) dianalisa dengan didasarkan pada perhitungan struktur dengan tingkat daktilitas 2 (terbatas).

### 2.6.3. Dasar Pemilihan Tingkat Daktilitas Dua

Ditinjau dari peta wilayah gempa untuk Indonesia (PPTGIUG '83, Gambar 3.2), dapat diketahui bahwa latak kota Surabaya berada di *zone* gempa 4. Ini berarti bahwa kota Surabaya dapat dikatakan/dikategorikan sebagai kota yang aman terhadap gempa. Hal inilah yang mendasari mengapa dilakukan perhitungan struktur dengan tingkat daktilitas 2 (terbatas).



Disamping itu, bila suatu gedung direncanakan dengan tingkat daktilitas 1 (satu), maka beban gempa yang direncanakan adalah 4 kali beban gempa yang dihitung sesuai dengan analisa respons spektrum. Karena besarnya beban gempa tersebut, maka ukuran penampang menjadi sangat besar, sehingga perencanaan bangunan menjadi tidak ekonomis lagi.

Perencanaan dengan tingkat daktilitas 3 (daktilitas penuh) akan memerlukan prosedur desain yang lebih kompleks dan rumit karena harus menghitung kapasitas dari struktur tersebut (metode desain kapasitas). Selain itu, untuk mencapai nilai daktilitas yang disyaratkan, dibutuhkan pengaturan pemasangan penulangan yang cukup rumit pada tempat-tempat sendi plastis yang diharapkan akan terjadi. Karena kekomplekan dari daktilitas penuh ini, maka dikembangkanlah perencanaan dengan daktilitas terbatas.

Pada struktur dengan daktilitas dua (terbatas), faktor daktilitasnya adalah 2. Artinya beban gempa hanya dikalikan 2, sehingga tuntutan daktilitas untuk mengatasi gempa-gempa kuat yang melampaui taraf gempa rencana tidak setinggi perencanaan pada struktur dengan daktilitas penuh.

Dengan kata lain syarat-syarat pendetailan yang dituntut akan menjadi lebih longgar. Tetapi sebagai konsekwensinya, faktor jenis struktur untuk menghitung gaya geser dasar menjadi lebih besar.





#### 2.6.4. Pengertian Daktilitas

Sesuai dengan filosofi perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia menurut PPTGIUG '83 bahwa perencanaan dari suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah menjamin struktur bangunan tersebut agar tidak rusak/runtuh oleh gempa kecil atau sedang, tetapi oleh gempa yang kuat struktur utama boleh rusak tapi tidak boleh sampai terjadi suatu keruntuhan gedung.

Hal ini dapat dicapai jika struktur gedung tersebut mampu melakukan perubahan bentuk secara daktail, dengan cara memencarkan energi gempa serta membatasi gaya gempa yang bekerja padanya.

Melelehnya elemen-elemen struktur akibat gempa kuat, ditandai dengan terbentuknya sejumlah sendi plastis. Jadi sesungguhnya pada fase ini perilaku struktur tidak lagi linier.

Suatu ukuran bagi kemampuan struktur untuk menyimpan dan memencarkan energi adalah perbandingan antara simpangan maximum ( $\Delta u$ ) dan simpangan awal pada suatu kelelahan pertama ( $\Delta y$ ) yang disebut sebagai faktor daktilitas ( $\mu$ ).

Untuk menjamin tersedianya daktilitas yang cukup dalam struktur tersebut harus dipenuhi syarat-syarat pendetailan yang diatur dalam buku Pedoman Perencanaan Tahan Gempa untuk Gedung 1983.

#### 2.6.5. Perencanaan Dengan Tingkat Daktilitas 2

Perencanaan struktur dengan tingkat daktilitas 2 diatur dalam SK SNI '91, Ayat 3.14.9 dengan memenuhi bab-bab sebelumnya.



**Persyaratan Umum**

- ☐ Gaya tekan aksial berfaktor yang bekerja pada komponen struktur tidak boleh melebihi  $(0,10 A_g f_c')$ .
- ☐ Bentang bersih dari komponen struktur rangka terbuka tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.
- ☐ Rasio dari lebar balok terhadap tinggi balok tidak boleh kurang dari 0,25.
- ☐ Lebar balok tidak boleh kurang dari 200 mm.
- ☐ Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi terpendek kolom tidak boleh lebih besar dari 25.
- ☐ Faktor type struktur yang dipakai harus diambil sama dengan 2 ( $K = 2$ ).

**Persyaratan Khusus**

- ☐ Rasio tulangan longitudinal total tidak boleh kurang dari 1 % dan tidak boleh lebih dari 6 %.
- ☐ Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal dari sengkang tertutup tunggal ataupun majemuk.
- ☐ Spasi maksimum dari sengkang tertutup pada kolom tidak boleh lebih dari  $d/4$ , sepuluh kali diameter tulangan longitudinal terkecil, 24 kali diameter sengkang, dan 300 mm.
- ☐ Pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari  $d/2$  pada seluruh panjang komponen struktur tersebut.



- ☐ Spasi tulangan transversal tidak boleh melebihi  $1/2$  dimensi terkecil dari suatu komponen struktur yang menerima lentur, atau 10 kali diameter tulangan memanjang dan harus lebih kecil dari 200 mm.
- ☐ Pada daerah sejarak  $d$  dari muka kolom, kuat geser yang disumbangkan oleh beton ( $V_c$ ) harus diambil sebesar setengah dari yang disyaratkan dalam SK SNI T-15-1991-03, Pasal 3.4.



## BAB TIGA

---

### PERENCANAAN PELAT

---

Pelat direncanakan menerima beban mati (DL), yang merupakan berat sendiri pelat dan beban hidup (LL), seperti yang diatur dalam Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983 (PPIUG '83) berdasarkan fungsi tiap lantai pada gedung.

Pelat-pelat yang dibahas di sini meliputi pelat atap dan pelat lantai.

Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 :

$$U = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \quad \dots\dots\dots (\text{SK SNI '91, Ayat 3.2.2 butir 1})$$

#### 3.1. DATA PERENCANAAN

- Mutu beton : K.350

$$f_{ck}' = 350 \text{ kg/cm} = 35 \text{ Mpa}$$

Berdasarkan PB '89, Pasal 4.1.2.1 :



$$\begin{aligned} f_c' &= [ 0,76 + 0,2 \log ( f_{ck}'/15 ) ] f_{ck}' \\ &= [ 0,76 + 0,2 \log ( 35 / 15 ) ] 35 \\ &= 29,176 \text{ Mpa} \sim 29,2 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Mutu baja : U 32

$$f_y = 3200 \text{ kg/cm} = 320 \text{ Mpa}$$

- Tebal pelat yang direncanakan :

- Tebal pelat atap = 10 cm

- Tebal pelat lantai = 12 cm

- Diameter tulangan yang direncanakan :

- Tulangan arah X menggunakan  $\Phi 10$

- Tulangan arah Y menggunakan  $\Phi 10$

- Tulangan susut menggunakan  $\Phi 8$

- Tulangan pembagi menggunakan  $\Phi 8$

### 3.2. PEMBEBANAN PADA PELAT

Pembebanan pelat dilakukan berdasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983 (PPIUG '83).

Adapun beban-beban yang bekerja adalah :

#### 1. Pembebanan Pelat Atap

##### a. Beban Mati :

$$\text{- Berat sendiri pelat} = 0,10 \times 2400 = 240 \text{ kg/m}^2$$



$$\begin{aligned} - \text{Plafond} + \text{penggantung} &= 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Finishing (1 cm)} &= 0,01 \times 2200 = 22 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Ducting AC} + \text{pipa-pipa} &= 50 \text{ kg/m}^2 \\ &+ \\ \text{DL} &= 330 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

**b. Beban Hidup :**

$$- \text{PPIUG '83, Pasal 3.2} \quad \text{LL} = 100 \text{ kg/m}^2$$

**c. Beban Ultimate :**

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \times 330 + 1,6 \times 100 \\ &= 556 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

**2. Pembebanan Pelat Lantai****a. Beban Mati :**

$$\begin{aligned} - \text{Berat sendiri pelat} &= 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Plafond} + \text{penggantung} &= 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Tegel} + \text{spesi (5 cm)} &= 0,05 \times 2200 = 110 \text{ kg/m}^2 \\ - \text{Ducting AC} + \text{pipa-pipa} &= 50 \text{ kg/m}^2 \\ &+ \\ \text{DL} &= 466 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

**b. Beban Hidup :**

$$- \text{PPIUG '83, Tabel 3.1} \quad \text{LL} = 250 \text{ kg/m}^2$$



c. Beban *Ultimate* :

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times 466 + 1,6 \times 250 \\
 &= 959,2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

**3.3. PRELIMINARY DESIGN PELAT**

*Preliminary design* pelat ini dimaksudkan untuk mendapatkan tebal pelat yang ideal sehingga bahaya akibat lendutan yang melebihi dari yang disyaratkan dapat dihindari.

Agar dalam perencanaan pelat ini besar lendutan tidak perlu dikontrol, maka SK-SNI T-15-1991-03, Ayat 3.2.5 butir 3 sub butir 3 mensyaratkan sebagai berikut :

$$h_1 = \frac{L_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5.\beta \left[ \alpha_m - 0,12 \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]} \dots\dots\dots (3.1)$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h_2 = \frac{L_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9.\beta} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dan tidak perlu lebih dari :

$$h_3 = \frac{L_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36} \dots\dots\dots (3.3)$$



Dimana harga,  $\alpha_m$ ,  $\beta_s$  dan  $\beta$  dapat dicari sesuai dengan dimensi balok sebagai tumpuan dari pelat. Dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari harga berikut :

- Untuk  $\alpha_m < 2$  ..... 120 mm
- Untuk  $\alpha_m \geq 2$  ..... 90 mm

Pelat dengan tebal kurang dari tebal minimum yang disyaratkan boleh digunakan bila dapat ditunjukkan dengan perhitungan bahwa lendutan yang terjadi tidak melebihi batas lendutan yang ditetapkan dalam Tabel 3.2.5 (b) SK SNI T-15-1991-03. Untuk perhitungan lendutan, modulus elastisitas beton  $E_c$  dan momen inersia efektif harus dihitung seperti pada pelat satu arah. Demikian pula untuk perhitungan tambahan lendutan akibat bertambahnya waktu.

Di luar tiga ketentuan di atas SK SNI T-15-1991-03 mensyaratkan bahwa tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari 90 mm.

Dari ketiga rumus di atas ternyata hasil dari batasan tebal minimum pelat yang di hitung dengan persamaan (3.1) hasilnya jauh lebih kecil dibandingkan persamaan (3.2), sehingga untuk selanjutnya, perhitungan tebal minimum pelat cukup digunakan batasan seperti persamaan (3.2).

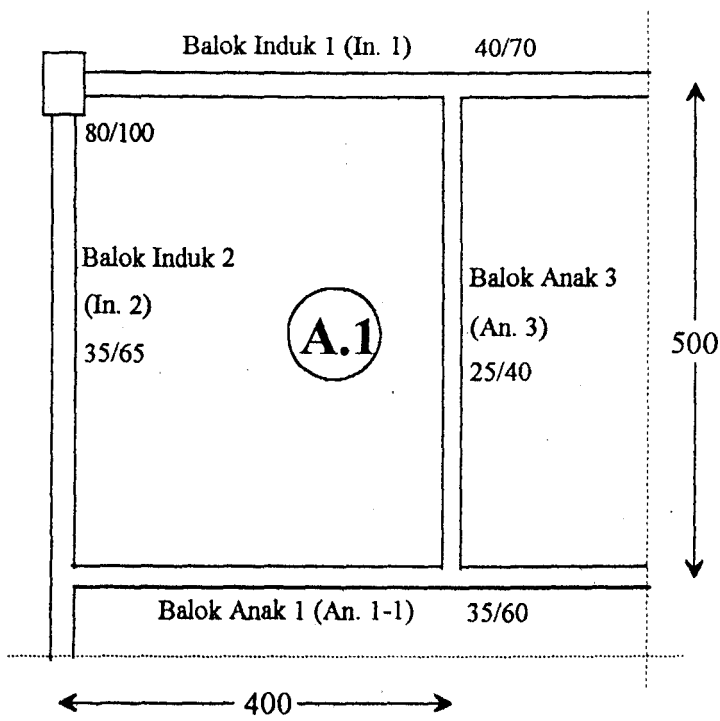
☐ **Dimensi dan Bentuk Pelat**

Dimensi dan bentuk pelat pada gedung ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 s/d 3.8, halaman 6 s/d halaman 9.

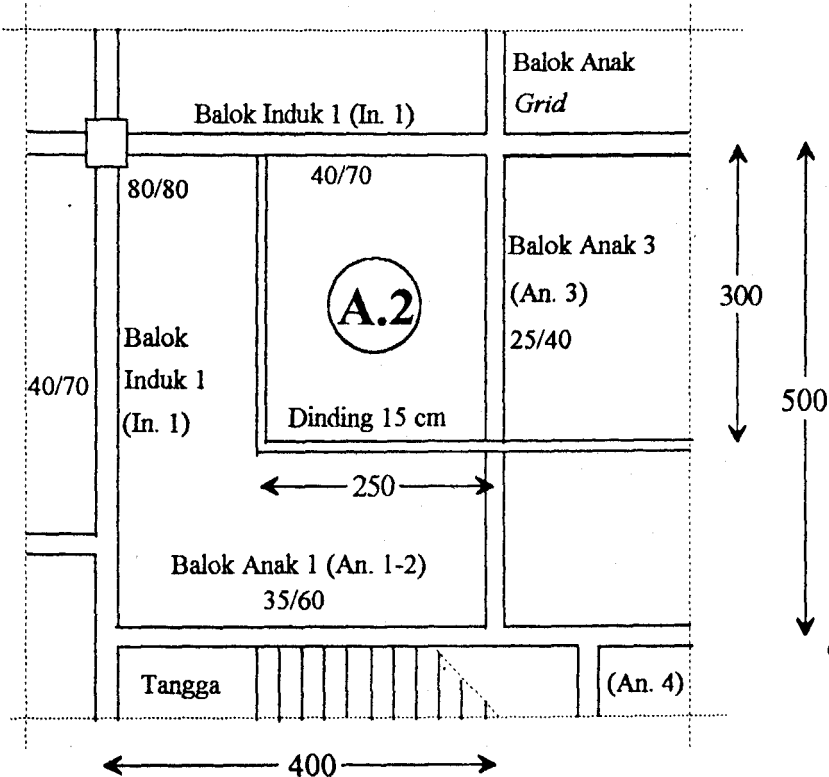
Perhitungan tebal pelat minimum dapat dilihat pada Tabel 3.1, halaman 10.





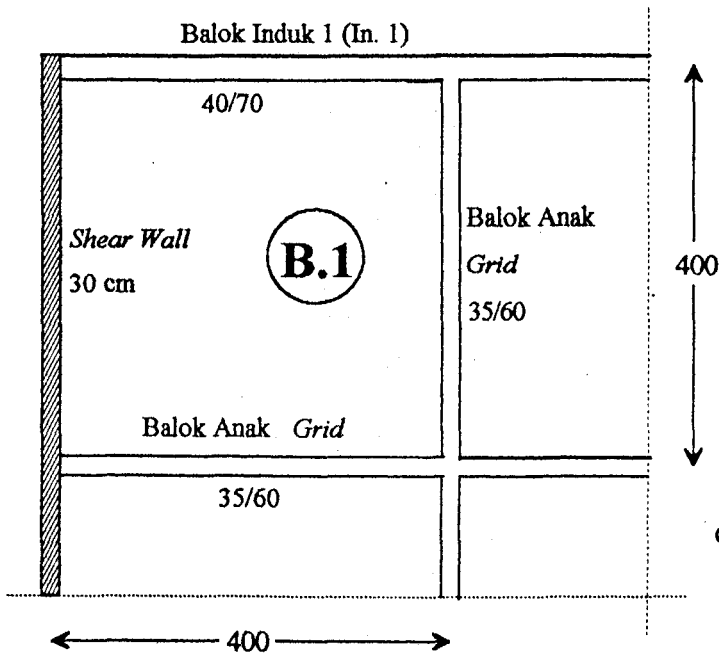


GAMBAR 3.1.  
TIPE PELAT A.1

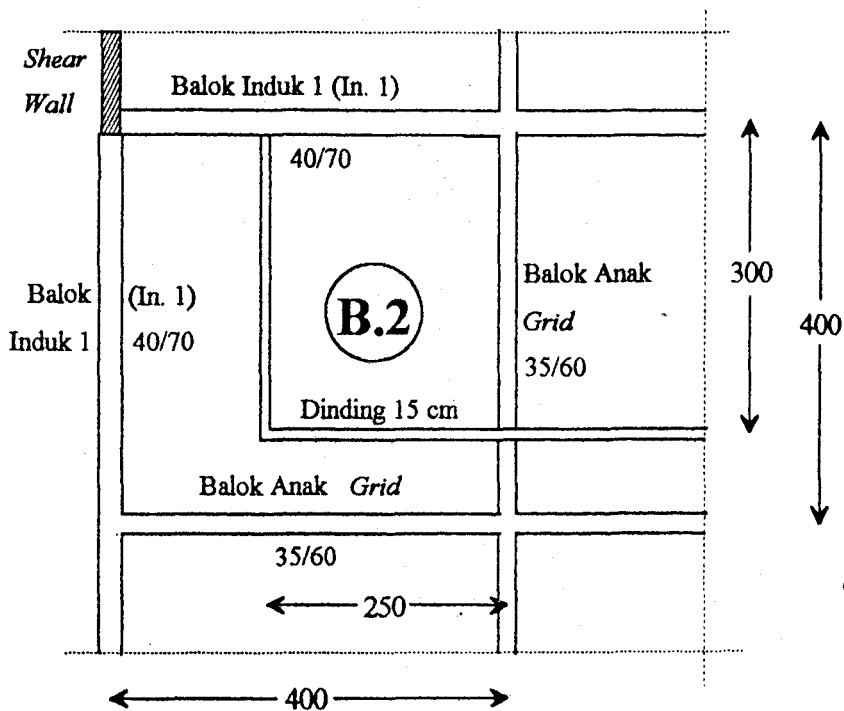


GAMBAR 3.2  
TIPE PELAT



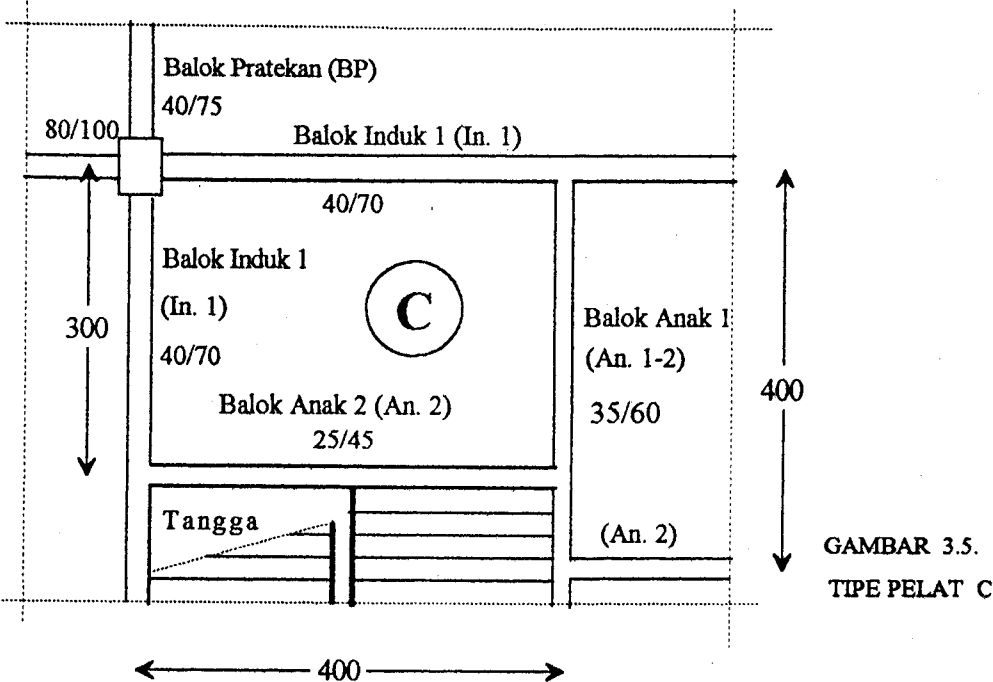


GAMBAR 3.3.  
TIPE PELAT B.1

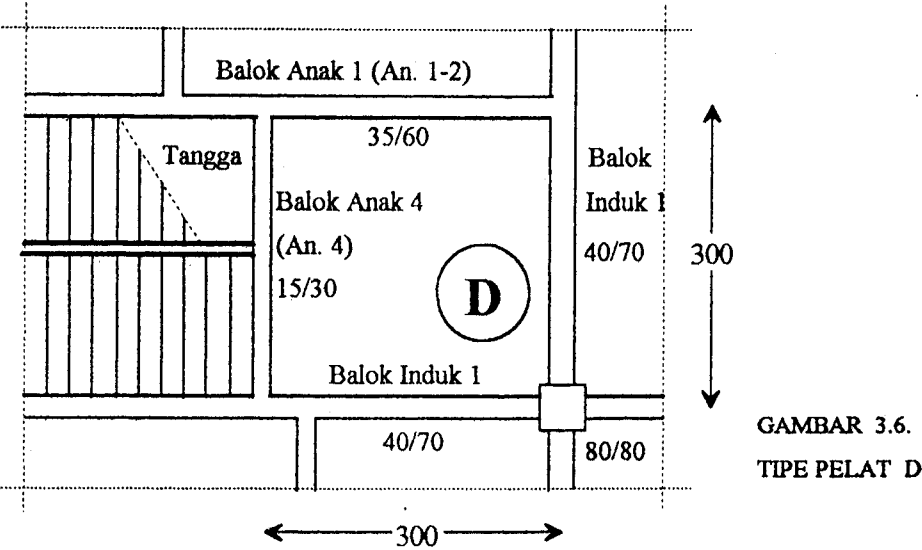


GAMBAR 3.4.  
TIPE PELAT B.2



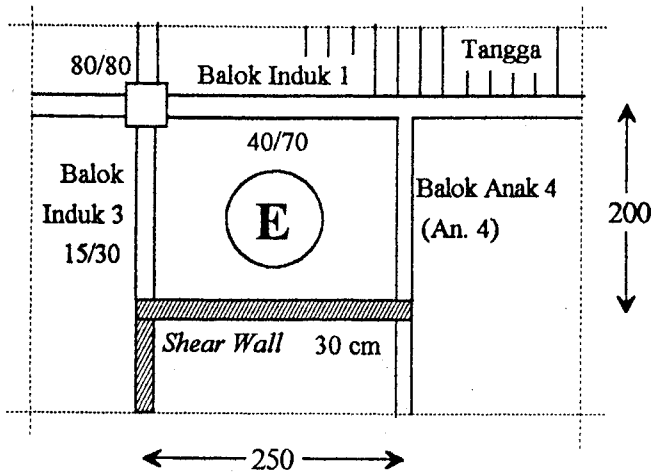


GAMBAR 3.5.  
TIPE PELAT C

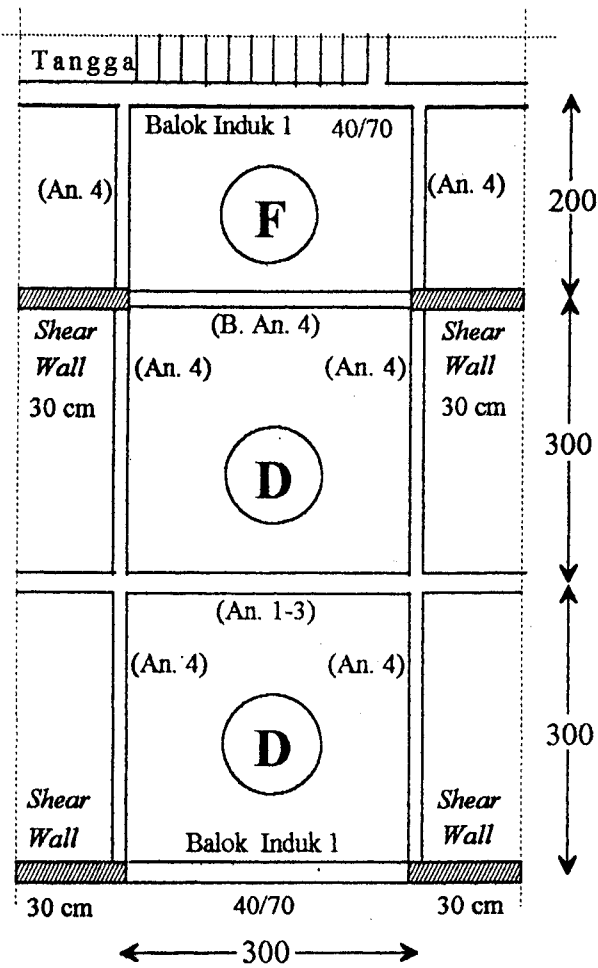


GAMBAR 3.6.  
TIPE PELAT D





GAMBAR 3.7.  
TIPE PELAT E



GAMBAR 3.8.  
TIPE PELAT F



TABEL 3.1. SYARAT TEBAL MIN. DAN MAX. PELAT LANTAI

| Tipe Pelat | Lx ( cm ) | Ly ( cm ) | Ly/Lx | h2 ( cm ) | h3 ( cm ) |
|------------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|
| A.1        | 367.5     | 462.5     | 1.259 | 9.903     | 13.019    |
| A.2        | 367.5     | 462.5     | 1.259 | 9.903     | 13.019    |
| B.1        | 362.5     | 362.5     | 1.000 | 8.163     | 10.204    |
| B.2        | 362.5     | 362.5     | 1.000 | 8.163     | 10.204    |
| C          | 270       | 362.5     | 1.343 | 7.640     | 10.204    |
| D          | 275       | 285       | 1.036 | 6.371     | 8.022     |
| E          | 165       | 222.5     | 1.348 | 4.684     | 6.263     |
| F          | 172.5     | 285       | 1.652 | 5.677     | 8.022     |



Dari hasil perhitungan tebal pelat minimum (Tabel 3.1) untuk berbagai tipe pelat yang ada, maka tebal pelat rencana dapat digunakan yaitu :

- Tebal pelat lantai = 120 mm
- Tebal pelat atap = 100 mm

### 3.4. PERMODELAN DAN ANALISA MOMEN PADA PELAT

Permodelan pelat di dalam Tugas Akhir ini adalah pelat dianggap terjepit penuh pada keempat sisinya. Baik untuk momen pelat yang dihitung dengan koefisien momen dari PBI '71, Tabel 13.3.2, maupun untuk momen pelat yang dianalisa dengan bantuan paket program SAP 90, yaitu pelat yang di atasnya terdapat beban garis (beban tembok).

Selanjutnya hasil perhitungan momen pelat dapat dilihat pada Tabel 3.2.1 s/d 3.2.4, lihat Lampiran C.

### 3.5. PERENCANAAN PENULANGAN PELAT

Untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan, jarak penulangan pelat diusahakan sedapat mungkin seragam. Oleh karena itu pada perhitungan penulangan pelat ini, hanya bagian-bagian yang dianggap cukup menentukan saja yang diperhitungkan.

Sebagai contoh perhitungan penulangan pelat dua arah, diambil pelat lantai tipe A.1.

#### ☐ Langkah-langkah Perhitungan

##### a. Direncanakan pelat

- Tebal pelat = 12 cm



- Decking = 2 cm ..... (SK SNI '91, Ayat 3.16.7 butir 1 sub butir c)
- D. tulangan =  $\phi$  10

b. Hitung momen-momen yang bekerja pada pelat

Lihat Tabel 3.2.1, (Lampiran C).

$$\beta = \left( \frac{L_y}{L_x} \right) = \left( \frac{462,5}{367,5} \right) = 1,259 < 2 \quad \text{..... (Pelat dua arah)}$$

Diperoleh :

$$M_{tx} = - 867,0 \text{ kgm}$$

$$M_{lx} = 385,5 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = - 733,0 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 251,5 \text{ kgm}$$

$$f_c' = 29,2 \text{ MPa} < 30 \text{ MPa, maka } \beta_1 = 0,85$$

..... (SK SNI '91, Ayat 3.3.2 butir 7 sub butir 3)

c. Hitung  $\rho_b$ ,  $\rho_{\max}$  dan  $\rho_{\min}$

$$\begin{aligned} \diamond \quad \rho_b &= \left( \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \right) \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \text{.... (SK SNI '91, Ayat 3.1.4 butir 3)} \\ &= \left( \frac{0,85 \times 29,2 \times 0,85}{320} \right) \left( \frac{600}{600 + 320} \right) \\ &= 0,042997 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond \quad \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \quad \text{..... (SK SNI '91, Ayat 3.3.3 butir 3)} \\ &= 0,75 \times 0,042997 = 0,03225 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (\text{SK SNI '91, Ayat 3.2.5 butir 1}) \\
 &= \frac{1,4}{320} = 0,004375
 \end{aligned}$$

d. Hitung tulangan yang diperlukan (As)

➤ Penulangan Arah X

$$M_{tx} = - 8670000 \text{ Nmm}$$

$$M_{lx} = 3855000 \text{ Nmm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 120 - 20 - 0,5 = 95 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{320}{0,85 \times 29,2} = 12,893$$

Daerah Tumpuan

$$M_{tx} = - 8670000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d x^2} = \frac{8670000}{0,85 \times 1000 \times 95^2} = 1,201$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,893} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,893 \times 1,201}{320}} \right) \\
 &= 0,00385 < \rho_{\min} = 0,004375
 \end{aligned}$$

$$\text{Gunakan : } \rho = \rho_{\min} = 0,004375$$





Sehingga tulangan yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_x = 0,004375 \times 100 \times 9,5 = 4,156 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan :  $\phi$  10 - 16 cm ( $A_s = 4,714 \text{ cm}^2$ )

### Daerah lapangan

$$M_{lx} = 3855000 \text{ Nmm}$$

$$\diamond \quad R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d_x^2} = \frac{3855000}{0,85 \times 1000 \times 95^2} = 0,534$$

$$\begin{aligned} \diamond \quad \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,893} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,893 \times 0,534}{320}} \right) \\ &= 0,00169 < \rho_{\text{min}} = 0,004375 \end{aligned}$$

$$\diamond \quad \text{Gunakan : } \rho = \rho_{\text{min}} = 0,004375$$

Sehingga tulangan yang dibutuhkan :

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_x = 0,004375 \times 100 \times 9,5 = 4,156 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan :  $\phi$  10 - 16 cm ( $A_s = 4,714 \text{ cm}^2$ )

### ➤ Penulangan Arah Y

Perhitungan penulangan arah Y dapat dilakukan dengan cara yang sama seperti pada perhitungan penulangan arah X.



Sehingga diperoleh :

**Untuk Daerah Tumpuan**

Dipakai tulangan :  $\phi$  10 - 20 cm ( $A_s = 3,929 \text{ cm}^2$ )

**Untuk Daerah Lapangan**

Dipakai tulangan :  $\phi$  10 - 20 cm ( $A_s = 3,929 \text{ cm}^2$ )

e. Kontrol spasi maksimum ..... (SK SNI '91, Ayat 3.6.4 butir 1)

$$S_{\max} = 2 \times t$$

$$= 2 \times 12 = 24 \text{ cm}$$

$$S_{\text{pasang}} = 20 \text{ cm} < S_{\max} = 24 \text{ cm} \dots \text{Ok !}$$

f. Tulangan susut dan suhu ..... (SK SNI '91, Ayat 3.16.12 butir 2)

Tulangan susut dan suhu hanya disediakan untuk pelat-pelat dimana tulangan lenturnya memanjang dalam satu arah saja (pelat satu arah) dan pelat-pelat yang berhubungan secara langsung dengan sinar matahari (pelat atap).

Tulangan susut dan suhu dipasang tegak lurus dengan arah tulangan memanjang dengan spasi tidak boleh lebih dari lima kali tebal pelat atau 500 mm (SK SNI '91, Ayat 3.16.12 butir 2 sub butir 2).

Rasio tulangan susut dan suhu harus diambil sebesar 0,002 (0,2 %) untuk pelat yang menggunakan tulangan *deform* mutu 300 ~ U.32.

Selanjutnya seluruh hasil perhitungan penulangan untuk pelat atap dan pelat lantai dapat dilihat pada Tabel 3.3.1 s/d Tabel 3.3.4, lihat Lampiran C.



### 3.6. KONTROL LENDUTAN

Agar pelat mempunyai kekakuan cukup untuk membatasi lendutan yang mungkin akan memperlama kekuatannya, maka untuk setiap kategori konstruksi pelat, Standar Beton 1991 membatasi tebal pelat yang harus dipenuhi bila lendutan tidak dihitung.

Ketentuan mengenai tebal minimum pelat sesuai dengan yang diatur di dalam SK SNI T-15-1991-03 dibedakan atas pelat satu arah dan pelat dua arah. Ketentuan ini dijelaskan sebagai berikut:

#### Konstruksi Pelat Dua Arah

Satu parameter penting dalam sistem pelat dua arah adalah ukuran relatif dari balok terhadap tebal pelat yang dinyatakan dengan  $\alpha$ , yaitu perbandingan dari kekakuan lentur balok terhadap kekakuan lentur pelat. Parameter  $\alpha$  ini terdapat dalam persamaan (3.1) di atas. Perhitungan tebal minimum pelat dengan persamaan (3.1) ini akan selalu menghasilkan harga yang relatif jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan persamaan (3.2) dan (3.3). Tebal pelat yang direncanakan adalah 13 cm untuk pelat lantai dan 12 cm untuk pelat atap, dimana tebal pelat ini akan lebih besar bila dikontrol dengan persamaan (3.2) di atas, sehingga pengontrolan lendutan tidak perlu dilakukan.

### 3.7. KONTROL RETAK

Chu Kia Wang dan Charles G. Salmon di dalam diktat karangannya yaitu "*Reinforced Concrete Design*" menulis bahwa sistem pelat dua arah yang menggunakan tulangan dengan  $f_y < 60000$  psi (413,7 Mpa) tidak perlu dilakukan



peninjauan terhadap retak yang terjadi. Mutu tulangan yang dipakai pada perencanaan pelat ini adalah tulangan U.32 dengan  $f_y = 320 \text{ Mpa} < 413,7 \text{ Mpa}$ , jadi retak tidak perlu diperiksa.



## **BAB EMPAT**

---

### **PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER**

---

#### **4.1. PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH**

Dinding Penahan Tanah pada perencanaan gedung *5 Star Hotel* ini terletak pada lantai dasar di bagian depan.

Dinding penahan tanah menerima beban lateral akibat tekanan tanah ke samping serta tekanan akibat beban hidup di atasnya. Sedangkan penulangannya berdasarkan SK SNI T-15-1991-03.

SK SNI '91, Ayat 3.7.5 butir 3 sub butir 2 menyebutkan bahwa tebal dinding luar ruang bawah tanah dan dinding pondasi tidak boleh kurang dari 190 mm sehingga pada perencanaan dinding penahan tanah ini diambil tebal dinding = 200 mm.



#### 4.1.1. Anggapan di Dalam Perhitungan

Momen-momen tumpuan dan lapangan pada dinding penahan tanah dihitung dengan menggunakan paket program bantu SAP 90. Dinding penahan tanah ini di analisa sebagai *element shell* dan dimodelkan sebagai dinding yang tertumpu pada satu sisinya yaitu sisi bawah pada sloof, sedangkan pada sisi kiri, sisi kanan dan sisi atas dianggap bebas.

#### 4.1.2. Data-data Perencanaan

Data-data umum perencanaan dinding penahan tanah adalah :

- Mutu beton  $= K.300$  ( $f_c' = 29,2 \text{ MPa}$ )
- Mutu baja tulangan  $= U.32$  ( $f_y = 320 \text{ Mpa}$ )
- Tebal dinding rencana  $= 200 \text{ mm}$
- Tinggi dinding penahan tanah  $= 400 \text{ cm}$
- Penutup beton/*decking* ( $d_c$ )  $= 40 \text{ mm}$
- $\phi$  tulangan utama  $= 16 \text{ mm}$
- $q$  pada permukaan tanah ( $q_0$ )  $= 400 \text{ kg/m}^2$

#### 4.1.3. Parameter-parameter Tanah

- $\gamma$  tanah ( $\gamma_t$ )  $= 1650 \text{ kg/m}^3$
- Sudut geser dalam ( $\phi$ )  $= 16^\circ$
- Koef. tekanan tanah aktif ( $K_a$ )  $= Tg(45 - \phi/2)$   
 $= Tg(45 - 16^\circ/2) = 0,57$
- Spesific gravity ( $G_s$ )  $= 2,65$  (Mudstone)

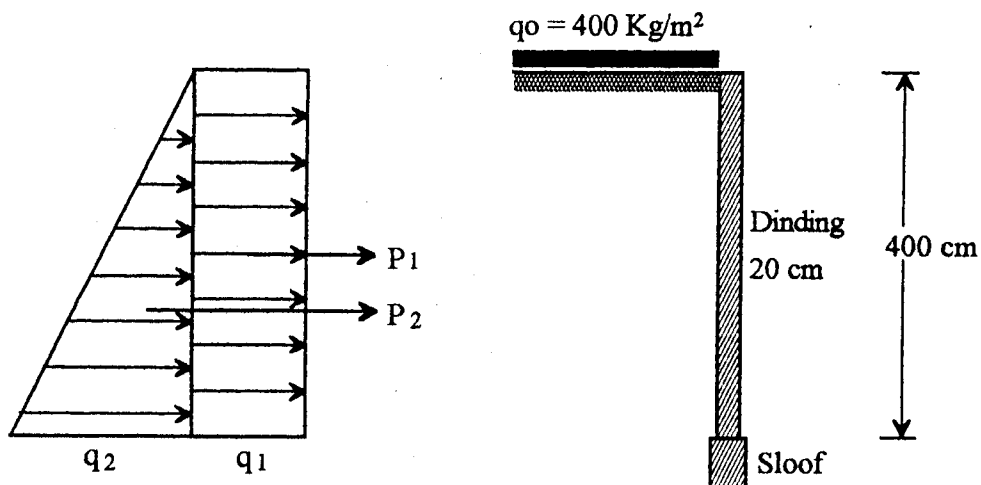


**Catatan :**

Dalam perencanaan dinding penahan tanah ini, parameter-parameter tanah yang digunakan adalah parameter-parameter tanah timbunan yang direncanakan.

**4.1.4. Penulangan Dinding Penahan Tanah**☐ Analisa Gaya-Gaya Dalam Dinding Penahan Tanah

Gaya-gaya dalam dari dinding penahan tanah ini dianalisa dengan menggunakan paket program bantu SAP 90, dengan memisalkan struktur dinding penahan tanah sebagai *element shell* tertentu yang tertumpu pada satu sisinya.

☐ Perhitungan Pembebanan

GAMBAR 4.1. PEMBEBANAN DINDING PENAHAN TANAH



- $q_1 = q_0 \cdot K_a = 400 \times 0,57 = 228 \text{ kg/m}^2$
- $q_2 = \gamma_t \cdot K_a \cdot 3,3 = 1650 \times 0,57 \times 3,3 = 3103,65 \text{ kg/m}^2$
- $P_1 = q_1 \cdot 3,3 = 228 \times 3,3 = 752,4 \text{ kg}$
- $P_2 = 0,5 \cdot q_2 \cdot 3,3 = 0,5 \times 3103,65 \times 3,3 = 5121,023 \text{ kg}$

☐ Perhitungan Reaksi Tumpuan dan Kontrol Geser

$$V_A \dots\dots\dots \Sigma M_A = 0$$

$$V_A = P_1 + P_2 = 752,4 + 5121,023 = 5873,423 \text{ kg}$$

Kekuatan Geser Beton

$$\phi V_c = 1/6 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots (\text{SK SNI '91, Ayat 3.4.3 butir 1 sub butir 1})$$

$$= 1/6 \times \sqrt{29,2} \times 1000 \times 200$$

$$= 180123,415 \text{ N} = 18012,342 \text{ kg} > V_A = 5873,423 \text{ kg}$$

Jadi tidak diperlukan tulangan geser untuk dinding penahan tanah !

☐ Perhitungan Penulangan Lentur

Cara penulangan dinding penahan tanah adalah sama dengan cara penulangan untuk pelat seperti yang diuraikan pada Bab III, dengan pemasangan tulangan susut dan suhu sebesar 0,2 % dari luas tulangan perlu yang disebarkan merata pada kedua arah.

Hasil perhitungan momen dan penulangan lentur dinding penahan tanah ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.1 dan Tabel 4.2.1, lihat Lampiran C.





## 4.2. PERENCANAAN TANGGA

### 4.2.1. Anggapan di Dalam Perhitungan

Tangga-tangga pada gedung ini terdiri dari tiga tipe, yaitu tipe A, B dan tipe C. Dimana tangga yang pertama yaitu tangga tipe A, dimodelkan sebagai sistem tangga yang bertumpu pada dua sisinya, yaitu bertumpu sendi pada balok lantai atas dan bertumpu rol pada balok lantai bawah. Sedangkan tangga yang kedua dan ketiga yaitu tangga tipe B dan C dimodelkan sebagai sistem tangga yang bertumpu pada dua sisinya, yaitu bertumpu rol pada balok bordes dan bertumpu sendi pada balok lantai bawah dan lantai atas dengan pemisahan antara tangga kiri dan tangga kanan sebesar 10 cm.

Adapun bentuk dan permodelan dari beberapa tipe tangga yang ada dapat dilihat pada halaman 11 s/d 13.

### 4.2.2. Data-Data Perencanaan

Adapun data-data umum perencanaan tangga adalah :

- Mutu beton = K.350 ( $f_c' = 29,2$  MPa)
- Mutu baja = U.32 ( $f_y = 320$  MPa)
- Tebal pelat tangga = 20 cm ..... (Untuk tangga tipe A)  
= 14 cm ..... (Untuk tangga tipe B dan C)
- Tebal pelat bordes = 20 cm ..... (Untuk tangga tipe A)  
= 14 cm ..... (Untuk tangga tipe B dan C)
- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Tinggi injakan ( $t_i$ ) = 17 cm

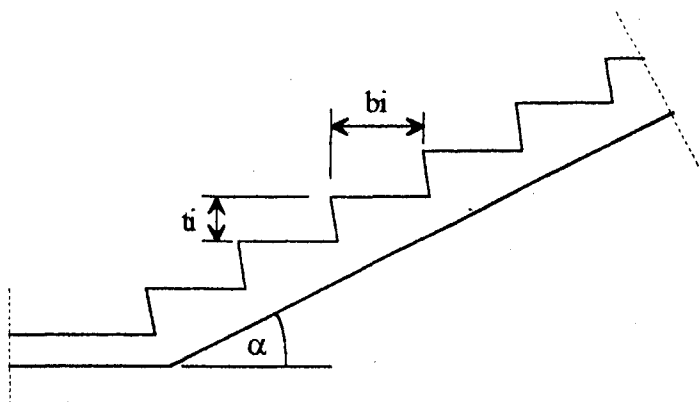


- Lebar injakan ( $b_i$ ) = 30 cm
- Jumlah anak tangga =  $200/17 = 11,76 \sim 12$  buah

Direncanakan 10 buah anak tangga dengan  $t_i = 17$  cm dan 2 buah anak tangga dengan  $t_i = 15$  cm pada ujung-ujungnya.

Kontrol :  $10 \times 17 + 2 \times 15 = 200$  cm ..... ( OK )

- Panjang pelat tangga =  $12 \times 30 = 360$  cm
- Sudut kemiringan tangga ( $\alpha$ ) =  $\text{Arc Tg} \left( \frac{200}{360} \right)$   
 $= 29,055 \sim 29^\circ$



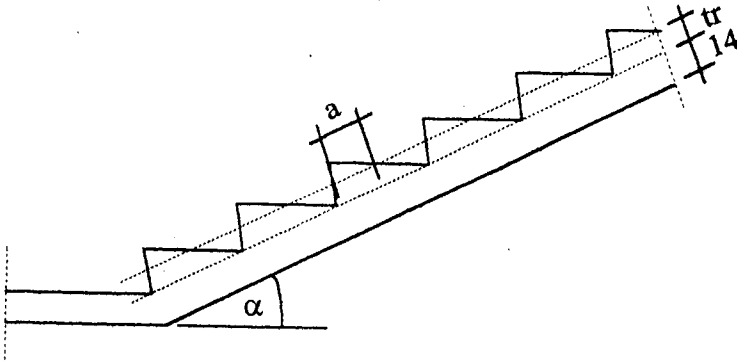
GAMBAR 4.2. DIMENSI ANAK TANGGA

#### 4.2.3. Pembebanan Tangga

Beban-beban yang bekerja pada tangga meliputi berat sendiri tangga ditambah beban hidup merata di atasnya.



### 1. Perhitungan Tebal Rata-Rata Pelat Tangga



GAMBAR 4.3. TEBAL RATA-RATA PELAT TANGGA

- Kemiringan tangga ( $\alpha$ ) =  $29^\circ$
- Tebal pelat rata-rata anak tangga :

$$\begin{aligned}
 a &= \sqrt{(t_i/2)^2 + (b_i/2)^2} \\
 &= \sqrt{(17/2)^2 + (30/2)^2} \\
 &= 17,241 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Luas segitiga =  $1/2 \times a \times tr$

$$1/2 \times 17,241 \times tr = 1/2 \times 30/2 \times 17/2$$

$$tr = 7,395 \text{ cm} \sim 7,4 \text{ cm}$$

- Tebal pelat rata-rata = tebal pelat tangga + tr

$$= 20 + 7,4 = 27,4 \text{ cm} \dots \text{ (Untuk tangga tipe A)}$$

$$= 14 + 7,4 = 21,4 \text{ cm} \dots \text{ (Untuk tangga tipe B dan C)}$$



## 2. Pembebanan Pada Pelat Tangga

### ☐ Tangga Tipe A

#### ➤ Beban Mati :

$$\text{- Pelat tangga} = \left( \frac{0,274}{\cos 29^\circ} \right) \times 2400 = 751,870 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- Spesi + tegel} = 0,05 \times 2200 = 110 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- Sandaran} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{DL} = 911,870 \text{ kg/m}^2$$

#### ➤ Beban Hidup :

$$\text{LL} = 300 \text{ kg/m}^2$$

#### ➤ Beban *Ultimate* :

$$q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \times 911,870 + 1,6 \times 300 = 1574,244 \text{ kg/m}^2$$

### ☐ Tangga Tipe B dan C

#### ➤ Beban Mati :

$$\text{- Pelat tangga} = \left( \frac{0,214}{\cos 29^\circ} \right) \times 2400 = 587,227 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- Spesi + tegel} = 0,05 \times 2200 = 110 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{- Sandaran} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{DL} = 747,227 \text{ kg/m}^2$$

#### ➤ Beban Hidup :

$$\text{LL} = 300 \text{ kg/m}^2$$





➤ Beban hidup :  $LL = 300 \text{ kg/m}^2$

➤ Beban *Ultimate* :

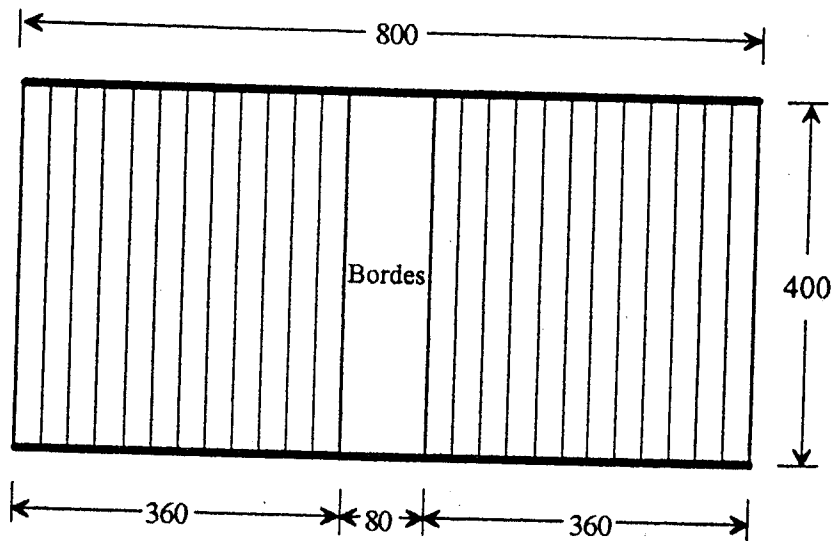
$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 DL + 1,6 LL \\ &= 1,2 \times 496 + 1,6 \times 300 = 1075,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.2.4. Analisa Gaya-Gaya Dalam Tangga

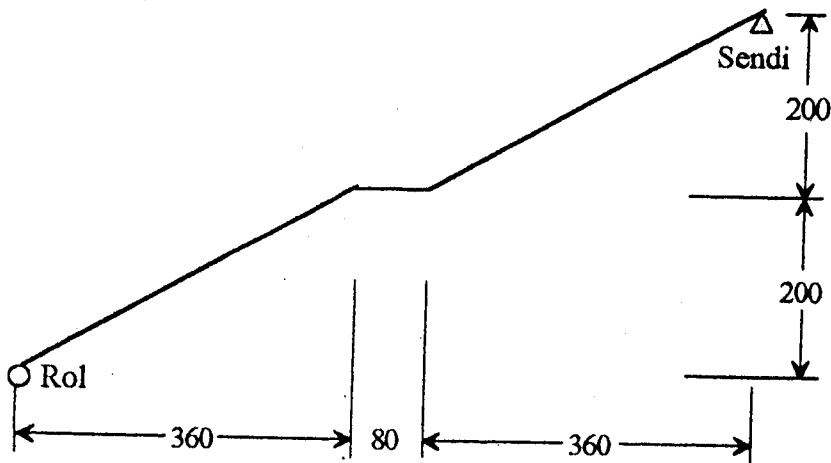
Gaya-gaya dalam dari tangga ini dianalisa dengan menggunakan paket program bantu SAP 90, dengan memisalkan struktur tangga sebagai *element shell* tertentu yang tertumpu pada kedua sisinya.



➤ Tangga Tipe A



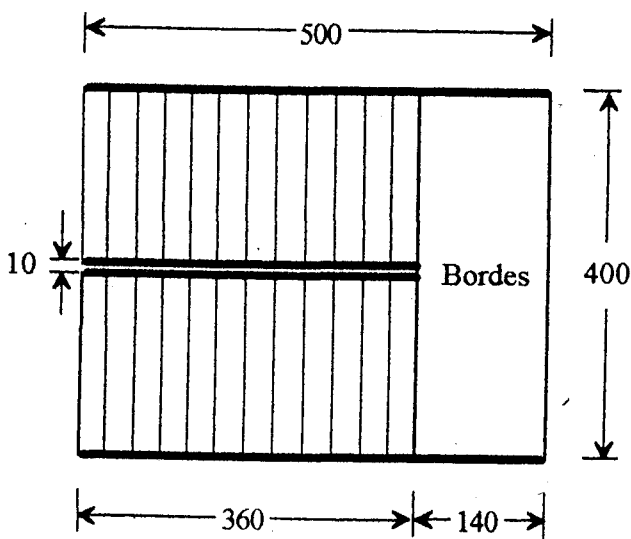
GAMBAR 4.4. TANGGA TIPE A



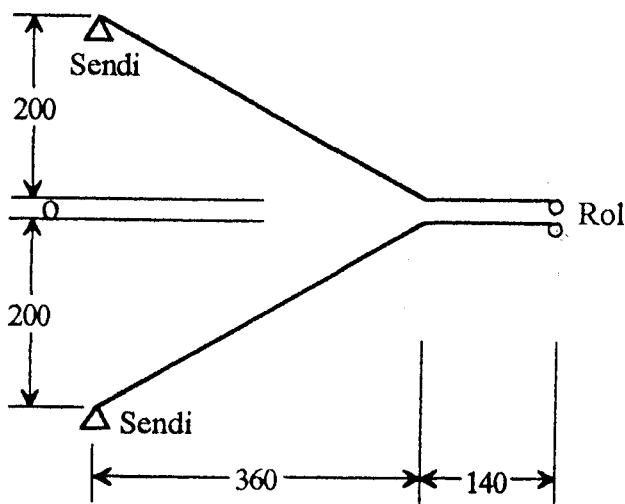
GAMBAR 4.5. MODEL PERLETAKAN TANGGA TIPE A



➤ Tangga Tipe B



GAMBAR 4.6. TANGGA TIPE B



GAMBAR 4.7. MODEL PERLETAKAN TANGGA TIPE B





#### 4.2.5. Perhitungan Penulangan Tangga

Pada penulangan lentur elemen tangga, gaya aksial tekan dapat diabaikan sedangkan gaya aksial tarik dihitung secara tersendiri kemudian ditambahkan pada tulangan tekan.

Cara perhitungan tulangan pada tangga adalah sama seperti perhitungan tulangan pada pelat satu arah dengan menganggap lebar = 1 meter.

##### Contoh Perhitungan

Sebagai contoh perhitungan penulangan tangga, diambil dari tangga tipe A (lihat gambar 4.4 dan 4.5) atau pada Lampiran B untuk tangga tipe A.

##### ☐ Data Umum Bahan

- Tebal pelat = 20 cm
- Decking = 2 cm ..... (SK SNI '91, Ayat 3.16.7 butir 1 sub butir c)
- $\Phi$  tulangan = D.22 ..... (untuk tulangan arah X)  
= D.16 ..... (untuk tulangan arah Y)
- Mutu beton = K.350 ( $f_c' = 29,2$  Mpa)
- Mutu baja = U.32 ( $f_y = 320$  Mpa)
- $\rho_{\max} = 0,03225$
- $\rho_{\min} = 0,004375$



### □ Penulangan Lentur

#### ➤ Penulangan tangga bawah pada lapangan

- $N_u = 13855 \text{ kg (tarik)}$
- $M_u = 11861 \text{ kg.m} \sim 1,1861 \text{ E+08 N.mm}$
- $b = 1000 \text{ mm}$
- $d = 200 - 20 - 0,5 \times 22 = 169 \text{ mm}$

$$\bullet \quad m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{320}{0,85 \cdot 29,2} = 12,893$$

$$\bullet \quad R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1,1861 \text{ E+08}}{0,8 \cdot 1000 \cdot 169^2} = 5,191$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,893} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,893 \times 5,191}{320}} \right) \\ &= 0,01841 > \rho_{\text{min}} = 0,004375 \end{aligned}$$

Jadi gunakan  $\rho_{\text{perlu}} = 0,01841$

$$A_s 1 = \rho \cdot b \cdot d = 0,01841 \times 100 \times 16,9 = 31,106 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan D.22 - 10 cm ( $A_s = 34,212 \text{ cm}^2$ ).

Kontrol spasi maksimum ..... (SK SNI '91, Ayat 3.6.4 butir 2)

$$S_{\text{max}} = 2 \times t = 2 \times 20 = 40 \text{ cm}$$

$$S_{\text{terpasang}} = 09 \text{ cm} < S_{\text{max}} = 40 \text{ cm} \quad \dots \quad \text{Ok !}$$



- Selanjutnya perhitungan penulangan pada daerah tumpuan dan lapangan untuk bordes dan tangga atas, dapat dilakukan melalui prosedur perhitungan yang sama seperti pada perhitungan penulangan tangga bawah pada daerah tumpuan di atas.

Dengan Catatan :

Dalam perhitungan tulangan lapangan,  $As_1$  (akibat lentur) yang diperoleh harus ditambah dengan  $As_2$  (akibat aksial tekan / tarik), tergantung mana yang lebih besar, yaitu :

- $As_2 = Nu / f_y$
- $As_{total} = As_1 + As_2 = 41,696 \text{ cm}$

#### ☐ Penulangan Geser

Sumbangan kekuatan geser beton dapat dilihat pada SK SNI '91 yaitu :

1. Ayat 3.4.3 butir 1 sub butir 2, untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_{c'}} \cdot b_w \cdot d \cdot 2 \cdot \left( 1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g} \right)$$

2. Ayat 3.4.3 butir 2 sub butir 3, untuk komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial yang berarti :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_{c'}} \cdot b_w \cdot d \cdot 2 \cdot \left( 1 + \frac{0,3 \cdot Nu}{A_g} \right)$$

Catatan :

- $Nu$  adalah negatif untuk tarik
- $Nu/A_g$  dinyatakan dalam MPa



Kedua rumus sumbangan kekuatan beton terhadap geser di atas dapat digunakan, tergantung mana yang lebih menentukan, apakah  $N_u$  -nya tekan atau tarik.

Sedangkan kekuatan geser beton yang diijinkan adalah :

$$V_c \text{ ijin} = \phi \cdot V_c$$

Untuk seluruh elemen-elemen pada tangga tipe A maupun tangga tipe B dan C, ternyata dari hasil analisa SAP 90 tidak didapatkan adanya geser pada ketiga tipe tangga tersebut di atas. Hal ini adalah sesuai, yaitu bahwa gaya geser pada struktur pelat adalah kecil sehingga dapat diabaikan. Demikian pula pada struktur tangga, dimana strukturnya merupakan pelat sehingga tidak diperlukan tulangan geser untuk menambah kekuatan.

Tulangan geser hanya dipasang praktis bersama-sama tulangan pembagi yang berupa tulangan arah melintang (tegak lurus tulangan memanjang) pada tepi atas dan bawah pelat tangga.

Untuk selanjutnya hasil perhitungan penulangan elemen-elemen tangga lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.2 s/d 4.2.4, lihat Lampiran C.



### 4.3. PERENCANAAN BALOK ANAK

Balok anak selain balok anak tepi yaitu yang terletak pada tepi pelat yang tidak menerus, direncanakan tidak menerima torsi sehingga tulangan torsi pada balok anak hanya dipasang minimum.

Dalam perencanaan ini, balok anak dimodelkan sebagai balok yang terletak pada beberapa tumpuan dengan menganggap tumpuan tengah sebagai balok menerus dan tumpuan tepi sebagai jepit elastis sedangkan gaya-gaya dalamnya dihitung dengan bantuan paket program SAP 90.

☐ Data Perencanaan

- Mutu beton = K350 ( $f_c' = 29,2$  Mpa)

- Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ )

$$= 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 \sqrt{29,2} = 23500 \text{ MPa}$$

- Mutu baja = U.32 ( $f_y = 320$  MPa)

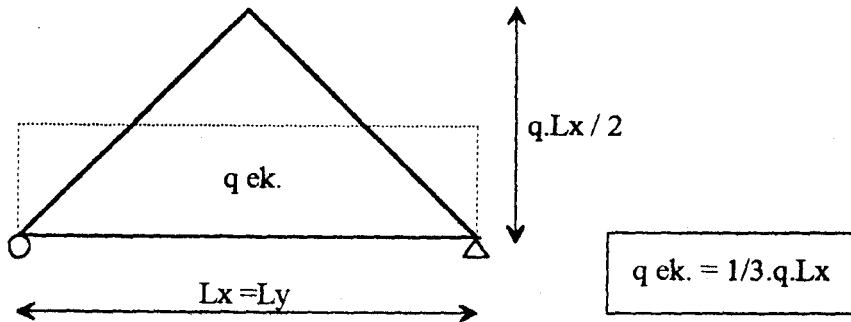
#### 4.3.1. Tipe-tipe Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri balok anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata di atasnya). Distribusi bebannya didasarkan pada cara Tributary Area yaitu beban pelat dinyatakan dalam bentuk trapesium maupun segitiga. Beban-beban berbentuk trapesium maupun segitiga tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekuivalen dengan menyamakan momen maksimumnya.



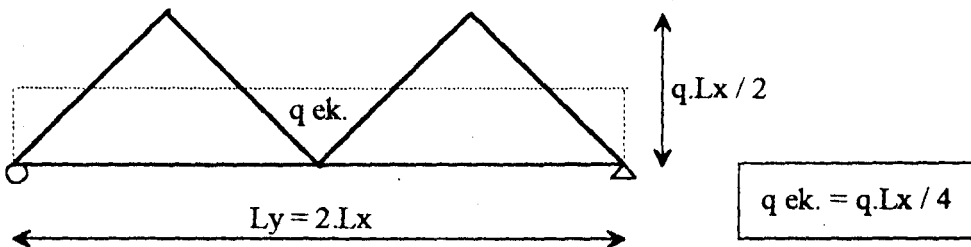
Variasi pembebanan dan beban ekuivalen yang terjadi pada perhitungan balok anak ini antara lain :

1. Beban ekuivalen segi tiga



GAMBAR 4.3.1.  $q_{ek.}$  SEGI TIGA

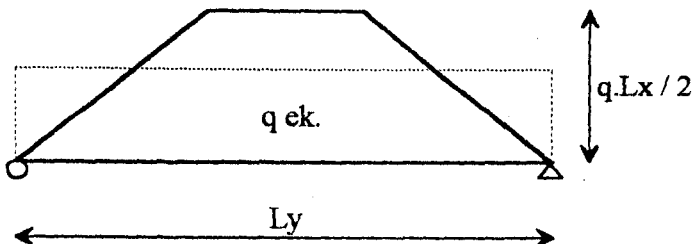
2. Beban ekuivalen dua segi tiga



GAMBAR 4.3.2.  $q_{ek.}$  DUA SEGI TIGA



## 3. Beban ekivalen trapesium

GAMBAR 4.3.3.  $q_{ek}$  TRAPESIUM

$$q_{ek} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L_x \cdot \left[ 1 - \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right]$$

Hasil pembebanan merata pada balok anak ini dapat dilihat pada Tabel. 4.1.2-A s/d Tabel 4.1.2-D , lihat Lampiran C.

4.3.2. *Preliminary Design Balok Anak*

Dimensi balok anak diperkirakan untuk sementara berkisar :

- Tinggi balok (h) =  $(1/10 - 1/14) L$
- Lebar balok (b) =  $(0,5 - 0.67) h$

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, perencana mengambil angka-angka di atas hanya untuk menentukan dimensi awal saja. Sedangkan untuk perencanaan selanjutnya, perencana menentukan dimensi balok anak dengan mengambil batasan perbandingan antara luas tulangan dengan luas beton ( $\rho$ ) berkisar 0,5 % - 2 %.



#### 4.3.3. Perhitungan Penulangan Balok Anak

Penulangan balok anak meliputi penulangan lentur, penulangan geser, kontrol retak, dan kontrol lendutan, sedangkan tulangan torsi hanya dipasang minimum.

##### 4.3.3.1. Penulangan Lentur Balok Anak

☐ Asumsi Perencanaan :

Penulangan lentur untuk momen negatif pada daerah tumpuan dihitung dengan menganggap penampang balok adalah penampang persegi, sedangkan perhitungan lentur pada daerah lapangan, apabila balok dicor monolit dengan pelat adalah memakai prosedur disain konstruksi balok T dengan penentuan lebar flens menurut SK SNI '91, Ayat 3.1.10.

Kekuatan nominal dari suatu komponen struktur untuk memikul beban lentur dan aksial didasarkan pada asumsi yang diberikan dalam SK SNI '91, Ayat 3.3.2 butir 2 hingga Ayat 3.3.2 butir 7.

☐ Kondisi Regangan Berimbang dan Batas Rasio Penulangan

Didefinisikan sebagai suatu kondisi dimana tulangan tarik mencapai tegangan leleh yang disyaratkan ( $f_y$ ) pada saat yang bersamaan dengan bagian beton yang tertekan mencapai regangan batas sebesar 0,003.

Untuk menjamin bahwa pola keruntuhan secara daktail dapat tercapai, maka diadakanlah batasan maksimum rasio tulangan sebesar 0,75 dari  $\rho_{balance}$ .





Berikut ini diberikan harga rasio penulangan pada keadaan berimbang ( $\rho_b$ ), harga rasio penulangan maksimum ( $\rho_{max}$ ), dan rasio tulangan minimum ( $\rho_{min}$ ) dari balok berpenampang persegi dengan tulangan tunggal.

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c \cdot \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

Batasan penulangan minimum di atas diberikan untuk pertimbangan ekonomis beton. Jika tulangan terpasang lebih kecil dari tulangan minimum yang disyaratkan, maka pada saat tercapainya kekuatan nominal dari suatu komponen struktur beton, otomatis tegangan tekan yang terjadi pada beton sangat kecil dibandingkan dengan kekuatan hancur beton sehingga kekuatan beton seolah-olah tidak dimanfaatkan untuk menunjang kekuatan komponen struktur tersebut.

#### ☐ Balok Dengan Penampang Persegi Empat

Penampang persegi direncanakan hanya menggunakan tulangan tarik saja, penambahan tulangan tekan baru diperhitungkan bila rasio tulangan tarik yang diperlukan melebihi rasio tulangan max yang disyaratkan atau dengan kata lain tulangan tekan dibutuhkan bila momen yang terjadi melebihi kapasitas momen yang dapat ditahan oleh tulangan tarik saja.



☐ Konstruksi Balok T

Bentuk balok T diperoleh dari pengecoran monolit antara balok dan pelat pada sisi atasnya, sehingga pada daerah momen positif balok, luas penampang pelat akan menambah luas daerah tekan pada balok sedangkan pada daerah momen negatif, balok tetap dianggap sebagai penampang persegi.

Perencanaan untuk balok T adalah seperti perencanaan balok berpenampang persegi dengan tulangan tunggal, hal ini mengingat bahwa luas daerah tekan beton pada balok T mendapat tambahan dari pelat di atasnya sehingga pemakaian tulangan tekan dapat diabaikan.

Penentuan lebar efektif untuk 2 type balok yaitu balok T dan balok L (interior dan exterior) telah diatur dalam SK SNI '91, Ayat 3.1.10, yaitu :

1. Balok interior (pelat pada kedua belah sisi), dipilih nilai yang terkecil dari :
  - a.  $b_E \leq 1/4.L$
  - b.  $b_E \leq b_w + 16.t$
  - c.  $b_E \leq b_w + L_n$
2. Balok exterior (pelat hanya pada satu sisi), dipilih nilai yang terkecil dari :
  - a.  $b_E \leq b_w + 1/12.L$
  - b.  $b_E \leq b_w + 6.t$
  - c.  $b_E \leq b_w + 1/2.L_n$

Untuk perhitungan kekuatan nominal dari balok T, maka harus diperiksa dulu apakah balok T tersebut asli atau palsu, prosedurnya adalah sebagai berikut :



1. Bila tinggi  $a$  dari blok tegangan persegi adalah sama atau lebih kecil dari tebal pelat ( $t$ ), maka balok T dihitung sama dengan balok empat persegi panjang (balok T palsu) dengan lebar  $b_E$ .
2. Bila tinggi  $a$  lebih besar dari tebal pelat ( $t$ ), maka dihitung secara balok T murni dengan :

$$M_n = C_1 (d - a/2) + C_2 (d - t/2)$$

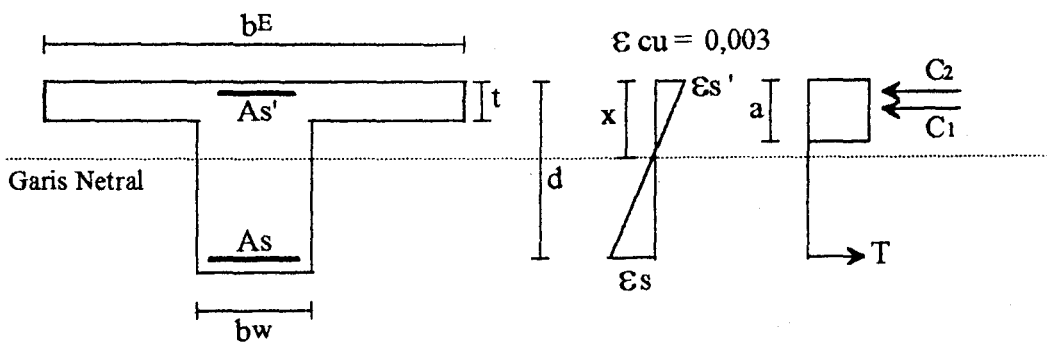
dimana :

$$C_1 = 0,85 f_c' b_w a$$

$$C_2 = 0,85 f_c' (b_E - b_w) t$$

$$a = \frac{T - C_2}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_w}$$

$$T = A_s f_y$$



GAMBAR 4.10. BALOK T MURNI



☐ Langkah-langkah perencanaan lentur balok anak :

1. Tentukan dimensi balok meliputi :

- Lebar balok ( b )
- Tinggi balok ( h )
- Penutup beton ( dc )

2. Hitung momen yang terjadi pada balok (dari hasil analisa SAP 90 ).

3. Hitung  $R_n$  dengan rumus :

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d c^2}$$

4. Hitung  $\rho$  yang diperlukan dengan rumus :

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c'}} \right]$$

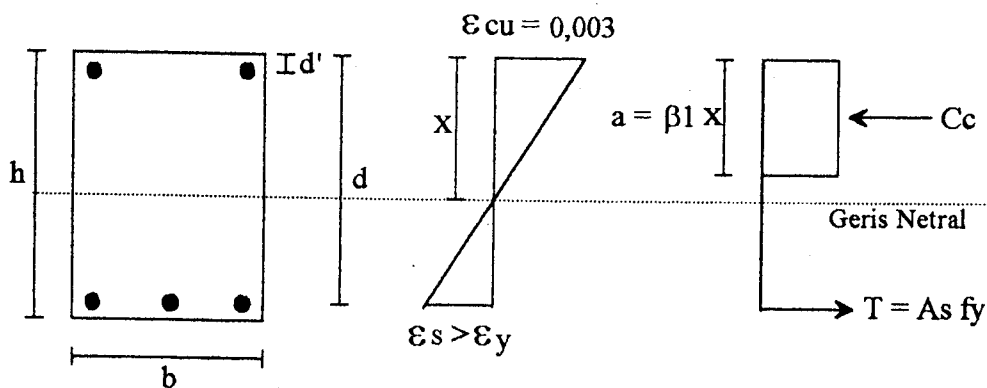
5. Cek  $\rho$  perlu yang diperoleh terhadap  $\rho_{\text{max}}$  dan  $\rho_{\text{min}}$ .

- Apabila  $\rho_{\text{perlu}}$  yang didapat  $> \rho_{\text{max}}$ , maka diperlukan tulangan tekan.
- Apabila  $\rho_{\text{perlu}}$  yang didapat  $< \rho_{\text{min}}$ , maka praktis tulangan tekan tidak dibutuhkan, sehingga dihitung berdasarkan tulangan tunggal saja.

6. Cek nilai  $a$  terhadap tebal pelat ( t ) pada daerah lapangan.

- Apabila nilai  $a < t$  , maka prosedur perhitungan di atas sudah benar yaitu sebagai balok T palsu (balok berpenampang persegi).
- Apabila nilai  $a > t$  , maka harus dilakukan prosedur perhitungan balok T murni seperti yang telah diuraikan sebelumnya.





GAMBAR 4.11. PENAMPANG BALOK PERSEGI

### □ Contoh Perhitungan

Sebagai contoh perhitungan tulangan lentur balok anak, diambil balok anak

An.1-1 :

#### ➤ Perencanaan Umum Balok

Tinggi balok (  $h$  ) = 60 cm

Lebar balok (  $b$  ) = 35 cm

Bentang (  $L_u$  ) = 800 cm

Penutup beton (  $d_c$  ) = 3 cm

Sengkang =  $\varnothing 10$

Tulangan utama = D.25

Mutu beton (  $f_c'$  ) = 29,2 MPa

Mutu baja (  $f_y$  ) = 320 MPa

$\rho_{max}$  = 0,032248

$\rho_{min}$  = 0,004375



➤ Perhitungan Momen dan Gaya Lintang

Dari hasil analisa SAP 90, lihat Tabel 4.1.2 (Lampiran C) diperoleh :

$$M_{ut} = -3,573E+08 \text{ N.mm}$$

$$M_{ul} = 2,064E+08 \text{ Nmm}$$

$$V_{ut} = -2,542E+04 \text{ kg}$$

$$V_{ul} = 4,675E+03 \text{ kg}$$

➤ Perhitungan Penulangan Utama Balok Anak

☒ Pada tumpuan

$$M_u = -3,573E+08 \text{ Nmm}$$

$$d = 600 - 30 - 10 - 25/2 = 547,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{357300000}{0,8 \times 350 \times 547,5^2} = 4,258 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 29,2}{320} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times 29,2}} \right) \\ &= 0,0147 < \rho_{\text{max}} = 0,03225 \dots\dots\dots (\text{tulangan tunggal}) \end{aligned}$$

$$\text{Gunakan } \rho_{\text{perlu}} = 0,0147$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0147 \times 35 \times 54,75 \\ &= 28,164 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pakai tulangan 6 D.25 ( $A_s \text{ ada} = 29,464 \text{ cm}^2$ )

Luas tulangan ini nantinya akan ditambah dengan tulangan memanjang akibat torsi ( $A_1$ ).



☑ Pada lapangan

$$M_u = 2,064E+08 \text{ Nmm}$$

$$d = 600 - 30 - 10 - 25 - 15 = 520 \text{ mm}$$

$$b = 2000 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{be untuk konstruksi balok T})$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{206400000}{0,8 \times 2000 \times 520^2} = 0,477$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 29,2}{320} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,477}{0,85 \times 29,2}} \right) \\ &= 0,00151 < \rho_{\min} = 0,004375 \dots\dots\dots (\text{tulangan tunggal}) \end{aligned}$$

$$\text{Gunakan } \rho_{\min} = 0,004375$$

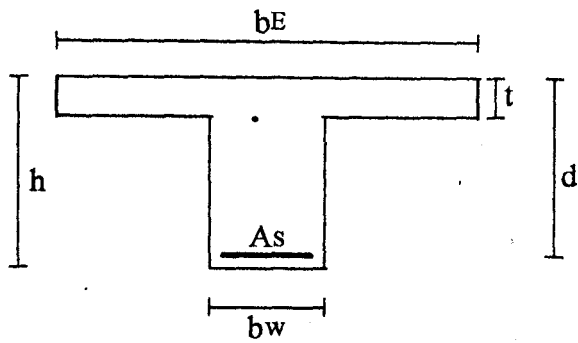
$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d = 0,004375 \times 200 \times 52 \\ &= 45,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pakai tulangan 10 D.25 (As ada = 49,107 cm<sup>2</sup>)

Luas tulangan ini nantinya akan ditambah dengan tulangan memanjang akibat torsi (A1).



Kontrol Balok T



-  $b_E = L/4 = 800/4$   
 $= 200 \text{ cm}$   
  
-  $b_E = b_w + 16.t$   
 $= 35 + 16 \times 12$   
 $= 227 \text{ cm}$   
  
-  $b_E = b_w + L_n = 35 + 200$   
 $= 235 \text{ cm}$

Dari ketiga harga  $b_E$  yang diperoleh di atas diambil harga yang terkecil yaitu  $b_E = 200 \text{ cm}$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_E} = \frac{4910,7 \times 320}{0,85 \times 29,2 \times 2000}$$
  
$$= 29,966 \text{ mm} < t = 120 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{balok T palsu})$$

Selanjutnya untuk perhitungan penulangan lentur balok anak yang lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.5 s/d Tabel 4.2.8, lihat Lampiran C.

4.3.3.2. Penulangan Geser dan Torsi

Struktur yang menerima beban geser direncanakan menurut ketentuan SK SNI '91, Ayat 3.4.1, butir 1, sebagai berikut :

$V_u < \phi \cdot V_n$

dimana :

$V_n = V_c + V_s$





☐ Sumbangan Kekuatan Geser Beton ( $V_c$ )

Dalam hal ini direncanakan untuk struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur saja, rumus yang berlaku adalah :

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad \dots\dots \quad (\text{SK SNI '91, Ayat 3.4.3, butir 1 sub butir 1})$$

☐ Kriteria Desain Lentur dan Geser

Menurut SK SNI '91 adalah sebagai berikut :

1. Jika  $V_u < 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$ , maka tulangan geser hanya dipasang praktis.
2. Jika  $0,5 \cdot \phi \cdot V_c < V_u < \phi \cdot V_c$ , maka tulangan geser dipasang minimum :

$$A_v = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} \quad \dots\dots\dots \quad (\text{SK SNI '91, Ayat 3.4.5, butir 5 sub butir 1})$$

3. Jika  $V_u > \phi \cdot V_c$ , maka dipasang tulangan geser dengan luas tulangan :

$$A_v = \frac{s \cdot V_u}{f_y \cdot d} \quad \dots\dots\dots \quad (\text{SK SNI '91, Ayat 3.4.5, butir 6 sub butir 1})$$

☐ Tulangan Torsi Minimum

Pada perencanaan balok anak ini, torsi yang terjadi relatif kecil sehingga hanya dipasang minimum. Adapun dasar perencanaannya adalah dari SK SNI '91, Ayat 3.4.5, butir 5 sub butir 5.

Dalam hal ini  $A_v$  dianggap = 0, karena perhitungannya tersendiri, sehingga persamaan menjadi :

$$2 \cdot A_t = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$$

Bila  $A_v \geq A_{v \text{ min}}$ , maka tulangan melintang ini dapat diabaikan.



Sehingga untuk selanjutnya pemasangan tulangan torsi adalah dengan menggunakan tulangan memanjang (longitudinal) :

$$A_l = 2.A_t \left( \frac{x_1 + y_1}{s} \right) \dots\dots (\text{SK SNI '91, Ayat 3.4.6, butir 9 sub butir 3})$$

Tulangan longitudinal ini dikombinasikan dengan tulangan memanjang lainnya.

#### ☐ Contoh Perhitungan

Diambil balok anak An-1, sebagai kelanjutan contoh perhitungan sebelumnya :

##### ♦ Penulangan Geser

Dari hasil analisa SAP 90, lihat Tabel 4.1.2, lampiran C, diperoleh :

- Gaya geserberfaktor pada tumpuan = 2,542E+04 kg
- Tulangan geser =  $\Phi.10$
- Av ada =  $2.(0,25.\pi.10^2) = 157,143 \text{ mm}^2$

Sumbangan kekuatan geser beton :

$$\begin{aligned} \phi.V_c &= \phi.1/6.\sqrt{f_c'}.b_w.d \\ &= 0,6 \times 1/6 \times \sqrt{29,2} \times 350 \times 547,5 \\ &= 9,581\text{E}+03 \text{ kg} \end{aligned}$$

$V_u > \phi.V_c$  ..... Butuh tulangan geser

Gaya geser yang harus diterima oleh tulangan geser :

$$\begin{aligned} \phi.V_s &= V_u - \phi.V_c \\ &= 2,542\text{E}+04 - 9,581\text{E}+03 \\ &= 1,583\text{E}+04 \text{ kg} \end{aligned}$$



Jarak Tulangan Geser yang dibutuhkan

$$s = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{\phi \cdot V_s} = \frac{0,6 \times 157,143 \times 320 \times 547,5}{15830}$$

$$= 10,432 \text{ cm}$$

$$\text{Spasi maksimum} = d / 2 = 547,5 / 2 = 27,375 \text{ cm}$$

Pasang tulangan geser  $\Phi 10 - 10 \text{ cm}$

## ♦ Penulangan Torsi Minimum

$$A_{v \text{ min}} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} = \frac{350 \times 100}{3 \times 320}$$

$$= 36,458 \text{ mm}^2$$

$A_{v \text{ ada}} = 157,1 \text{ mm}^2 > 36,458 \text{ mm}^2$  ..... Tulangan melintang,  
(Torsi dapat diabaikan).

Tulangan Memanjang (Longitudinal)

$$x_1 = 350 - 2 \times 30 - 10 = 280 \text{ mm}$$

$$y_1 = 600 - 2 \times 30 - 10 = 530 \text{ mm}$$

$$A_l = \left( \frac{b_w}{3 \cdot f_y} \right) \cdot (x_1 + y_1) = \left( \frac{350}{3 \times 320} \right) \times (280 + 530)$$

$$= 2,953 \text{ cm}^2$$

Tulangan longitudinal ini disebarkan pada ketiga bagian penampang balok yaitu pada tulangan atas, tulangan tengah dan tulangan bawah dan ditambahkan pada tulangan akibat lentur.

$$\text{Masing-masing sisi dipasang } 1/3 \cdot A_l = 2,953 / 3$$

$$= 0,984 \text{ cm}^2$$



## ♦ Design akhir balok anak

- Tulangan atas :

$$\begin{aligned} \text{As total} &= \text{As lentur} + \text{A1} \\ &= 28,164 + 0,984 = 29,148 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 6 D.25 (As ada = 29,464 cm<sup>2</sup>)

- Tulangan tengah :

Dipasang tulangan praktis 2 D.16 (As ada = 4,02 cm<sup>2</sup>)

- Tulangan bawah :

$$\begin{aligned} \text{As total} &= \text{As lentur} + \text{A1} \\ &= 45,5 + 0,984 = 46,484 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 10 D.25 (As ada = 49,107 cm<sup>2</sup>)

Untuk penulangan geser dan torsi lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.1 s/d Tabel 4.3.4, Lampiran C

**4.3.4. Kontrol Terhadap Lendutan**

Kontrol terhadap lendutan untuk balok anak ini diperhitungkan sesuai dengan syarat tinggi minimum menurut SK SNI '91, Ayat 3.2.5, Tabel 3.2.5 (a).

Untuk selanjutnya hasil perhitungan dari kontrol lendutan untuk semua tipe balok anak langsung ditabelkan seperti pada Tabel 4.4.1, lihat Lampiran C.



#### 4.3.5. Kontrol Terhadap Retak

Dasar perencanaan untuk kontrol retak ini telah diatur dalam SK SNI '91, Ayat

3.3.6, butir 4.

- ☐ Balok dalam ruangan

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A}$$

dimana:

$$f_s = 0,6 f_y = 0,6 \times 320 = 192 \text{ MPa}$$

$$d_c = 30 + 10 + 0,5 \times 25 = 52,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_c &= 2 \cdot d_c \cdot b_w / \text{jumlah tulangan} \\ &= 2 \times 52,5 \times 350 / 2 = 18375 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} z &= 192 \times \sqrt[3]{52,5 \times 18375} \\ &= 19,268 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \end{aligned}$$

Jadi retak pada beton tidak perlu diperiksa.

#### 4.3.6. Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran dalam hal ini harus diperhitungkan untuk menjamin agar tidak terjadi slip antara beton dan tulangan.

Syarat-syarat mengenai panjang penyaluran dan penyambungan tulangan diatur dalam SK SNI '91, Pasal 3.5.

- ☐ Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Panjang penyaluran dasar tulangan untuk baja tulangan deform D.25

adalah sebagai berikut :



SK SNI '91, Ayat 3.5.2, butir 2

$$\begin{aligned}
 l_{db} &= 0,02 \cdot A_b \cdot f_y / \sqrt{f_c'} \\
 &= 0,02 \times 491,071 \times 320 / \sqrt{29,2} \\
 &= 581,611 \text{ mm} \dots\dots\dots 60 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 l_{db} &= 0,06 \cdot d_b \cdot f_y \\
 &= 0,06 \times 25 \times 320 \\
 &= 480 \text{ mm} \dots\dots\dots 48 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

SK SNI '91, Ayat 3.5.2, butir 3 sub butir 1

Akibat top bar effect (tulangan atas) :

$$l_d = 1,4 \times l_{db} = 1,4 \times 581,611 = 814,255 \dots\dots\dots 82 \text{ cm}^2$$

☐ Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

Panjang penyaluran dasar untuk tulangan D.25 adalah :

SK SNI '91, Ayat 3.5.3, butir 2

$$\begin{aligned}
 l_{db} &= \frac{d_b \cdot f_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} = \frac{25 \times 320}{4 \times \sqrt{29,2}} \\
 &= 370,117 \text{ mm} \dots\dots\dots 38 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

tetapi tidak boleh kurang dari

$$\begin{aligned}
 l_{db} &= 0,04 \cdot d_b \cdot f_y \\
 &= 0,04 \times 25 \times 320 = 320 = 32 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



☐ Panjang Penyaluran Kait Standart Dalam Tarik

Panjang penyaluran dasar kait standart (hook) dari tulangan D.25 adalah :

SK SNI '91, Ayat 3.5.5.

$$l_{hb} = 100.d_b / \sqrt{f_{c'}} = 100 \times 25 / \sqrt{29,2} = 462,646 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran hook :

$$l_{dh} = l_{hb} (f_y / 400) \times 0,7$$

$$= 462,646 \times (320 / 400) \times 0,7 = 259,082 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots 26 \text{ cm}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$l_{dh} = 8.d_b = 8 \times 25 = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$$

☐ Panjang Penyaluran Tulangan Momen Positif

SK SNI '91, Ayat 3.5.11 menentukan bahwa sepertiga dari tulangan tarik pada momen positif diteruskan pada jarak yang terbesar antara :

$$- 150 \text{ mm} \quad \quad \quad = 15 \text{ cm}$$

$$- d = 547,5 \text{ mm} \quad \quad \quad = 55 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots (\text{menentukan})$$

$$- 12.d_b = 12 \times 25 \quad \quad \quad = 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

☐ Panjang Penyaluran Tulangan Momen Negatif

SK SNI '91, Ayat 3.5.12 menentukan bahwa sepertiga dari tulangan tarik pada momen negatif diteruskan pada jarak yang terbesar antara :

$$- d \quad \quad \quad = 547,5 \text{ mm} = 55 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots (\text{menentukan})$$

$$- 12.d_b = 12 \times 25 \quad \quad \quad = 300 \text{ mm} \quad \quad \quad = 30 \text{ cm}$$

$$- l_n / 16 = 800 / 16 \quad \quad \quad = 500 \text{ mm} \quad \quad \quad = 50 \text{ cm}$$



## **BAB LIMA**

---

### **PERENCANAAN BALOK PRATEKAN**

---

#### **5.1. DATA-DATA PERENCANAAN BALOK PRATEKAN**

- ♦ Mutu beton :  $f_c' = 35 \text{ MPa}$  (K-350, uji silinder)
- ♦ Baja tulangan non prategang :  $f_y = 320 \text{ MPa}$ .
- ♦ Tendon prategang dari sistem kawat untai VSL dengan  $f_{pu} = 1862 \text{ MPa}$ .
- ♦ Ukuran penampang sebagai disain awal adalah :
- ♦ Lebar = 50 cm dan tinggi = 90 cm.

#### **5.2. DISAIN PENDAHULUAN**

Balok pratekan yang akan didisain dalam hal ini adalah bukan pada keseluruhan balok utama, namun hanya pada balok utama podium lantai 1, 2 dan 3, yang mempunyai bentang balok 15 meter.





Balok-balok beton pratekan direncanakan memakai sistem pasca-tarik (*post-tension*) dengan tendon terekat (*bonded tendon*). Sedang metode pelaksanaannya dengan cara "cetak di tempat" (*cast-in-place*).

Sistem prategang sebagian (*partial prestress*) diterapkan pada balok-balok yang dirancang. Dan sebagai konsekwensi dengan mengijinkan adanya tarikan pada beton, tulangan-tulangan lunak (*non-prategang*) dipasang pada daerah-daerah tarik tersebut yang juga untuk meningkatkan kekuatan batas penampang serta dipersiapkan untuk mengatasi momen yang berbalik arah pada saat terjadi gempa.

Untuk mutu beton K-350 (beton normal), dan di-*jacking* pada umur 14 hari, parameter-parameter yang ditetapkan oleh SK SNI '91, Ayat 3.11.4 adalah :

$$\begin{aligned} \square \quad f_c' &= 35 \text{ MPa} & \dots\dots\dots E_c &= 4700 \cdot \sqrt{35} = 27805,575 \text{ MPa} \\ & & f_{ci}' &= 0,88 \cdot 35 = 30,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ♦ Tegangan-tegangan beton yang diijinkan :

1. Segera setelah peralihan gaya prategang (sebelum kehilangan)

$$\text{Tekan} = 0,6 \cdot f_{ci}' = 0,6 \cdot 30,8 = 18,480 \text{ MPa}$$

$$\text{Tarik} = 0,25 \cdot \sqrt{f_{ci}'} = 0,25 \cdot \sqrt{30,8} = 1,387 \text{ MPa}$$

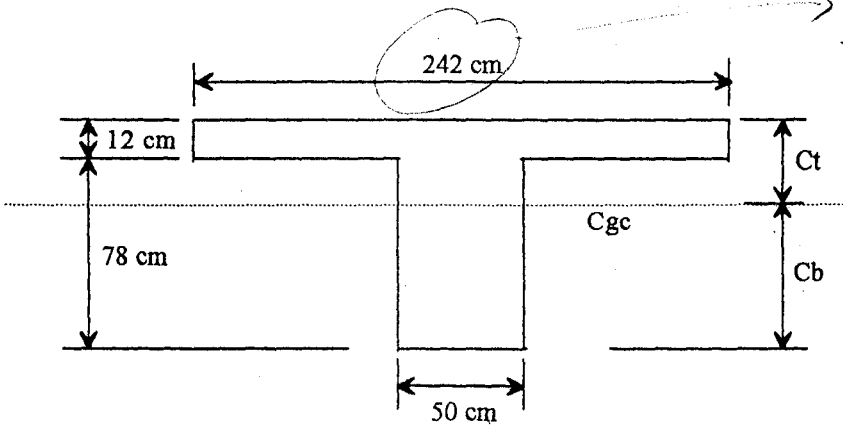
2. Setelah terjadi seluruh kehilangan prategang pada beban kerja

$$\text{Tekan} = 0,45 \cdot f_c' = 0,45 \cdot 35 = 15,750 \text{ MPa}$$

$$\text{Tarik} = 0,5 \cdot \sqrt{f_c'} = 0,5 \cdot \sqrt{35} = 2,958 \text{ MPa}$$

Balok-balok pratekan direncanakan seluruhnya dengan dimensi 500 x 900 mm<sup>2</sup>.



☐ Parameter-parameter penampang balok pratekan


Nilai-nilai properti penampang yang diperhitungkan adalah seperti di bawah ini :

$$0,12 \cdot 2,42 = 0,2904 \cdot 0,060 = 0,0174$$

$$0,78 \cdot 0,50 = 0,3900 \cdot 0,510 = 0,1989$$

$$A_c = 0,6804 \text{ m}^2 \quad S = 0,2163 \text{ m}^3$$

$$C_t = \frac{0,2163}{0,6804} = 0,31794 \text{ m}$$

$$C_b = 0,900 - 0,31794 = 0,58206 \text{ m}$$

$$0,2904 \cdot (0,12^2 / 12 + 0,258^2) = 0,0196787 \text{ m}^4$$

$$0,3900 \cdot (0,78^2 / 12 + 0,192^2) = 0,0341590 \text{ m}^4$$

$$I = 0,0538377 \text{ m}^4$$

$$r^2 = \frac{0,0538377}{0,6804} = 0,0791265 \text{ m}^2$$

$$k_t = \frac{0,0791265}{0,58206} = 0,13594 \text{ m} \quad : \quad Z_b = \frac{0,0538377}{0,58206} = 0,092495 \text{ m}^3$$

$$k_b = \frac{0,0791265}{0,31794} = 0,24887 \text{ m} \quad : \quad Z_t = \frac{0,0538377}{0,31794} = 0,169332 \text{ m}^3$$



### 5.3. PENENTUAN GAYA PRATEKAN/PRATEGANG DAN LETAK KABEL

#### 5.3.1. Penentuan Gaya Pratekan Awal

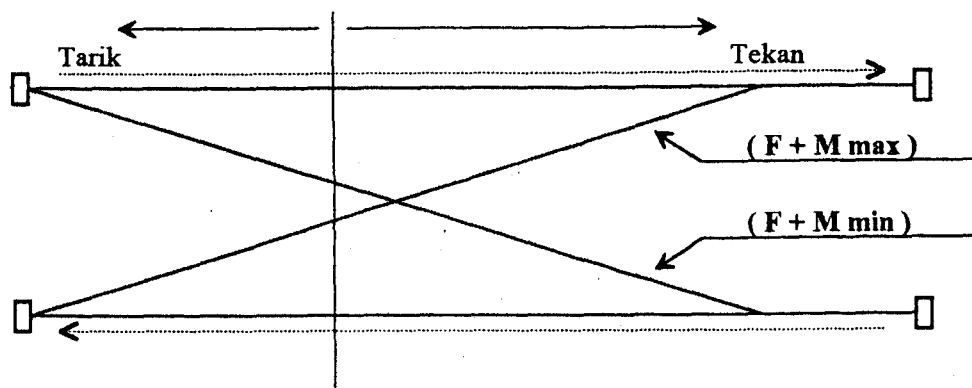
Dalam perencanaan balok pratekan, peninjauan pembebanan tidak cukup hanya melihat besar beban luar baik yang berupa beban mati maupun beban hidup yang bekerja saja, tetapi perlu diperhatikan juga kombinasi antara beban luar dan gaya pratekan yang diterima beton. Keadaan balok pratekan yang paling kritis pada umumnya terjadi pada dua kondisi pembebanan, yaitu pembebanan awal (*initial loading*) dan pembebanan akhir (*final loading*).

Yang dimaksud dengan kondisi pembebanan awal adalah kondisi pembebanan pada saat gaya pratekan ditransfer pada beton. Beban yang bekerja hanya berupa beban mati saja karena beban hidup belum bekerja yang akan memberikan momen minimum ( $M_{min}$ ). Pada saat ini gaya pratekan adalah maksimum dan kekuatan beton adalah minimum karena kekuatan beton belum penuh.

Yang dimaksud dengan kondisi pembebanan akhir adalah kondisi dimana beban luar yaitu beban mati dan beban hidup sudah sepenuhnya bekerja dan kehilangan pratekan sudah terjadi. Pada saat ini beban luar adalah maksimum yaitu yang memberikan momen maksimum ( $M_{max}$ ) dan gaya pratekan adalah minimum.

Kedua kondisi pembebanan tersebut dapat dinyatakan seperti Gambar 5.1. pada halaman berikut.





GAMBAR 5.1. DIAGRAM TEGANGAN DIBAWAH KONDISI EKSTRIM

Tegangan yang terjadi pada masing-masing keadaan tersebut tidak boleh melebihi ketentuan tegangan yang diijinkan seperti tersebut di atas yaitu :

- ♦ Untuk tegangan tarik, tegangan yang terjadi  $\leq$  tegangan tarik ijin.
- ♦ Untuk tegangan tekan, tegangan yang terjadi  $\leq$  tegangan tekan ijin.

Untuk mendapatkan harga besarnya gaya pratekan yang diperlukan, dilakukan dahulu analisa struktur tanpa adanya gaya pratekan untuk mengetahui besar  $M_{min}$  dan  $M_{max}$ .

Besarnya gaya pratekan dan eksentrisitas yang diberikan adalah sedemikian rupa sehingga baik pada kondisi pembebanan awal maupun kondisi pembebanan akhir, tegangan yang terjadi tidak melanggar ketentuan tegangan ijin. Karena masing-masing kondisi tersebut di atas mempunyai dua syarat batas yaitu tegangan tarik maksimum dan tegangan tekan maksimum maka besarnya gaya pratekan awal dan eksentrisitasnya harus memenuhi lima persamaan sebagai berikut :



☐ Syarat kondisi pada saat *jacking* (inisial)

$$- e_o \leq k_b + \left( \frac{1}{F_i} \right) (M_{mia} - \sigma_{ti} \cdot Z_t) \quad (5.1)$$

$$- e_o \leq k_t + \left( \frac{1}{F_i} \right) (M_{min} - \sigma_{ci} \cdot Z_b) \quad (5.2)$$

☐ Syarat kondisi pada saat beban hidup bekerja

$$- e_o \leq k_b + \left( \frac{1}{F} \right) (M_{max} - \sigma_{cs} \cdot Z_t) \quad (5.3)$$

$$- e_o \leq k_t + \left( \frac{1}{F} \right) (M_{max} + \sigma_{ts} \cdot Z_b) \quad (5.4)$$

☐ Syarat eksentrisitas penampang maximum

$$- e_o \leq (e_o)_{max} = C_b - d_c \quad (5.5)$$

Dengan menggambarkan hubungan antara  $e_o$  dan  $1/F_i$  dari persamaan tersebut, maka akan diperoleh besarnya gaya *jacking* yang dibutuhkan pada daerah tersebut. Persamaan 5.1 s/d 5.5 adalah untuk momen positif. Sedangkan untuk momen negatif tetap memakai persamaan 5.1 s/d 5.5 tetapi dengan membalik letak kern atas dan kern bawahnya dan mengubah tanda momen dari negatif menjadi positif.

### 5.3.2. Penentuan Letak Kabel (*Cable Lay Out*)

Penentuan besarnya gaya pratekan dan eksentrisitas yang diperlukan hanya didasarkan pada beberapa potongan kritis, yaitu pada tumpuan kiri, tengah bentang dan tumpuan kanan. Sehingga untuk titik-titik lain sepanjang bentang perlu ditentukan daerah limit kabel berdasarkan gaya yang bekerja sedemikian sehingga tegangan ijin tidak dilampaui.



Tegangan yang bekerja pada titik berat beton akibat gaya pratekan awal dan gaya pratekan efektif adalah :

$$\sigma_{gi} = \frac{F_i}{A_c}, \text{ sehingga } F_i = \sigma_{gi} \cdot A_c$$

$$\sigma_g = \frac{F_e}{A_c} = \frac{\eta \cdot F_i}{A_c}, \text{ sehingga } \eta \cdot F_i = \sigma_g \cdot A_c$$

Persamaan 5.1 s/d 5.4 dapat dinyatakan dalam harga  $\sigma_{gi}$  dan  $\sigma_g$  sbb:

$$- e_o - \frac{M_{min}}{F_i} \leq k_b \left( 1 - \frac{\sigma_{ti}}{\sigma_{gi}} \right) \quad \dots\dots\dots (5.6)$$

$$- e_o - \frac{M_{min}}{F_i} \leq k_t \left( 1 - \frac{\sigma_{ci}}{\sigma_{gi}} \right) \quad \dots\dots\dots (5.7)$$

$$- e_o - \frac{M_{max}}{F} \geq k_b \left( 1 - \frac{\sigma_{cs}}{\sigma_{gi}} \right) \quad \dots\dots\dots (5.8)$$

$$- e_o - \frac{M_{max}}{F} \geq k_t \left( 1 - \frac{\sigma_{ts}}{\sigma_{gi}} \right) \quad \dots\dots\dots (5.9)$$

Persamaan sebelah kanan menunjukkan besarnya eksentrisitas gaya C dari beton untuk kedua kondisi beban yang ekstrim. Sehingga persamaan 5.6 s/d 5.9 menggambarkan limit atas dan limit bawah dari tendon. Dengan daerah limit kern atas ( $k'_t$ ) dan kern bawah ( $k'_b$ ) diambil berdasarkan :

☐ Harga  $k'_t$  diambil yang terbesar dari :

$$\diamond k_b \left( 1 - \frac{\sigma_{cs}}{\sigma_g} \right)$$

$$\diamond k_t \left( 1 - \frac{\sigma_{ts}}{\sigma_g} \right)$$



□ Harga  $k_b'$  diambil yang terkecil dari :

$$\diamond k_b \left( 1 - \frac{\sigma_{ti}}{\sigma_{gi}} \right)$$

$$\diamond k_t \left( 1 - \frac{\sigma_{ci}}{\sigma_{gi}} \right)$$

Sehingga dari dua kondisi beban ekstrim didapat :

$$e_o - \frac{M_{maz}}{F} \geq k_t'$$

$$e_o - \frac{M_{min}}{F_i} \leq k_b'$$

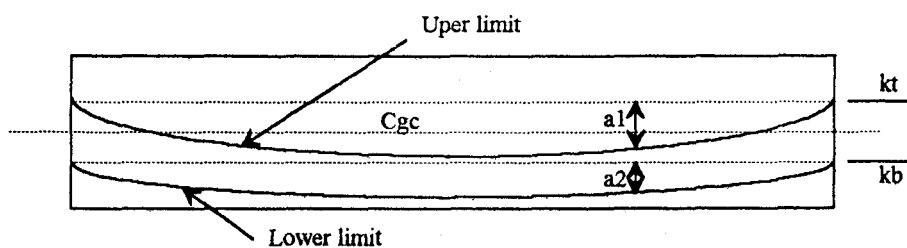
Maka penempatan tendon harus berada sesuai dengan persamaan :

$$k_t' + \frac{M_{max}}{F} \leq e_o \leq k_b' + \frac{M_{min}}{F_i} \quad \dots \dots \dots (5.10)$$

$$\text{Dimana :} \quad k_t' + \frac{M_{max}}{F} = e_{oU} = \text{Limit atas}$$

$$k_b' + \frac{M_{mini}}{F_i} = e_{oL} = \text{Limit bawah}$$

Daerah limit kabel secara umum dapat ditunjukkan seperti pada gambar berikut :



GAMBAR 5.2. DAERAH LIMIT KABEL PADA BALOK PRATEKAN

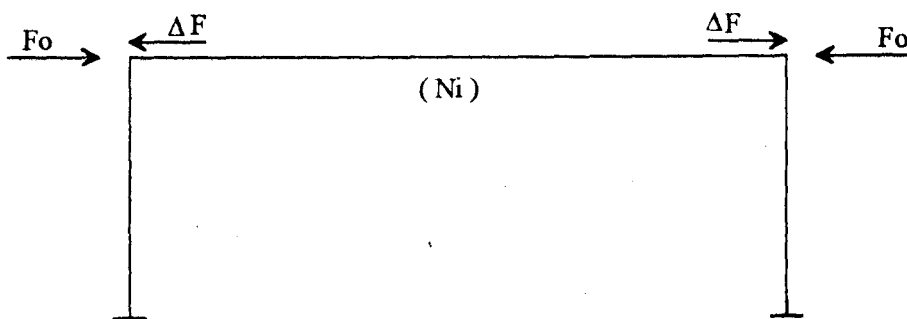


#### 5.4. PERHITUNGAN GAYA PRATEGANG YANG DIBUTUHKAN

Permasalahan yang ada pada portal balok pratekan dengan adanya hubungan monolit antara balok dan kolom adalah timbulnya gaya perlawanan kolom akibat memendeknya balok pratekan. Gaya perlawanan kolom ini menyebabkan gaya pratekan yang diberikan menjadi berkurang karena sebagian pratekanan dipergunakan untuk mengatasi gaya perlawanan kolom.

Memendeknya balok pratekan tersebut disebabkan oleh perpendekan elastis (*elstic shortening*) dan akibat *creep* serta susut. Dimana perpendekan elastis terjadi sesaat setelah balok pratekan di-*jacking*, sedangkan *creep* serta susut terjadi sesuai dengan fungsi waktu. Kehilangan pratekan langsung pada balok yang sedang di-*jack* dapat diatasi dengan menambah gaya *jacking*-nya. Sedangkan untuk kehilangan tak langsung balok yang telah di-*jack* harus diperhitungkan sebagai pengurangan gaya pratekan.

Untuk menghitung gaya *jacking* yang dibutuhkan, terlebih dahulu dicari berkurangnya gaya pratekan pada balok. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan *runing* struktur dengan gaya pratekan dasar/asli yang didapat dari persamaan 5.1 s/d 5.5.



GAMBAR 5.3. GAYA PRATEGANG AWAL SEBELUM ADANYA PERLAWANAN KOLOM



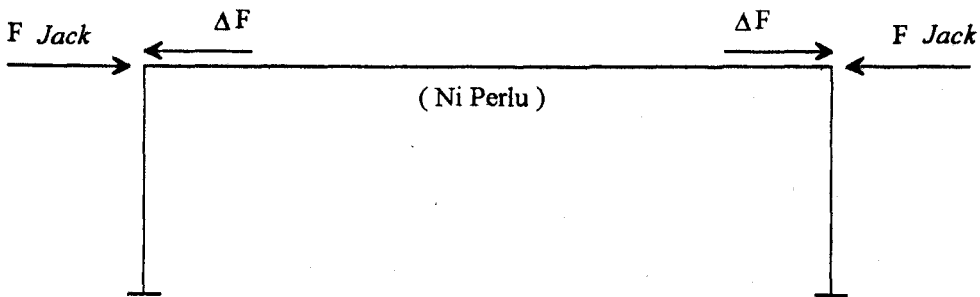


dimana :  $N_i$  = Gaya aksial yang terjadi pada balok pratekan

$$= F_o - \Delta F$$

Agar gaya aksial yang terjadi pada balok pratekan tetap atau hampir sama seperti yang diinginkan ( $F_o$  asli) maka gaya pratekan perlu ditambah sebesar  $\Delta F$ . Jadi gaya *jacking* yang dibutuhkan:

$$F_{Jack} = F_o + \Delta F = F_o + (F_o - N_i)$$



GAMBAR 5.4. GAYA PRATEGANG SETELAH ADANYA PERLAWANAN KOLOM

Sehingga :

$$N_i \text{ Perlu} = F_{Jack} - \Delta F = F_o$$

### 5.5. PERHITUNGAN KEHILANGAN GAYA PRATEGANG

Sebelum mengontrol tegangan yang terjadi, perlu dihitung kehilangan gaya pratekan. Secara umum kehilangan pratekan adalah perbedaan gaya pada waktu tertentu terhadap gaya yang diberikan saat *jacking*.

Berkurangnya gaya pratekan ini dapat berakibat berkurangnya tegangan beton dan juga tegangan bajanya sehingga secara tidak langsung kemampuan balok juga menurun.

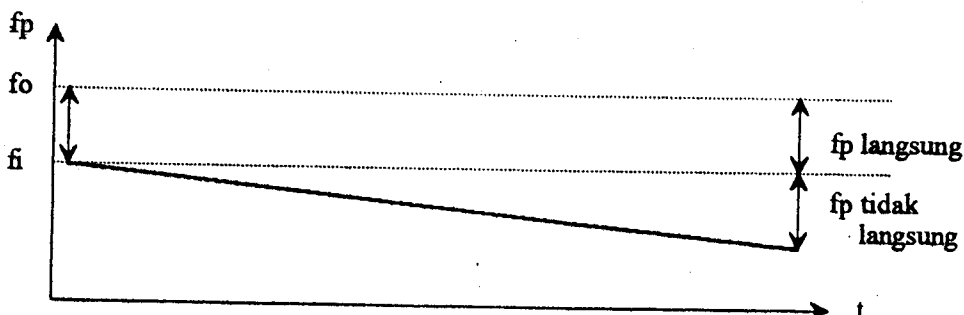


Untuk memperkirakan besarnya kehilangan pratekan secara tepat adalah hal yang sulit karena banyaknya faktor yang berpengaruh seperti misalnya :

- ♦ Sifat dua karakter beton dan baja
- ♦ *Curing* dan kondisi kelembaban
- ♦ Prosentase tegangan pada waktu penegangannya
- ♦ Proses *pre-stressing*

Secara fungsi waktu kehilangan pratekan dapat dibagi dua yaitu :

1. Kehilangan pratekan langsung :
  - a. Akibat perpendekan elastis (*elastic shortening*)
  - b. Akibat gesekan (*friction*) dan *woble efect*
  - c. Akibat slip pada angker (*anchorage set*)
2. Kehilangan pratekan tak langsung :
  - a. Akibat *creep*
  - b. Akibat susut (*shrinkage*)
  - c. Akibat relaksasi baja (*steel relaxation*)



GAMBAR 5.5. KEHILANGAN PRATEKAN PADA SISTEM *POST-TENSION*



### 5.5.1. Kehilangan Pratekan Langsung

#### 5.5.1.1. Kehilangan akibat perpendekan elastis beton (ES)

Akibat perpendekan elastis terutama berpengaruh pada sistem *pre-tension* dan juga sistem *post-tension* dengan tendon majemuk yang di-*jack* tidak bersamaan. Sedangkan untuk sistem *post-tension* dengan tendon tunggal, beton memendek setelah tendon diprategang dan kemudian gaya *jacking* diukur setelah perpendekan elastis beton terjadi. Dengan demikian besar kehilangan pratekan akibat perpendekan elastis tidak perlu dihitung. Tetapi perhitungan besar perpendekan elastis yang terjadi tetap dilakukan karena diperlukan untuk mencari gaya perlawanan kolom akibat perpendekan balok yang akhirnya dapat mengurangi gaya pratekan.

Besarnya perpendekan elastis dapat dihitung dengan persamaan sbb :

- ☐ Untuk  $C_{gs}$  yang konsentris

$$ES = n \cdot F_o / A_c$$

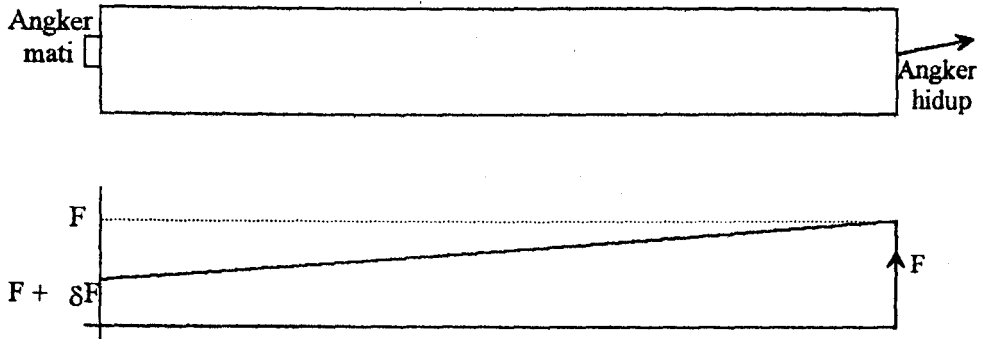
- ☐ Untuk  $C_{gs}$  yang eksentris

$$ES = n \cdot f_{cir}$$

#### 5.5.1.2. Kehilangan akibat gesekan dan *wobble efect*

Saat mengadakan penarikan kabel, maka akibat tegangan kabel akan terjadi suatu gerakan relatif dari tendon terhadap beton. Akibat gerakan ini terjadilah suatu gesekan yang akan menimbulkan reaksi yang arahnya berlawanan dengan gaya *jacking* sepanjang tendon. Gesekan ini terjadi karena kabel berbentuk lengkung.



GAMBAR 5.6 KEHILANGAN GAYA PRATEKAN AKIBAT GESEKAN DAN *WOBBLE EFEK*

Kehilangan pratekan akibat pengaruh ini dapat dihitung dengan persamaan sbb :

$$F_2 = F_1 \cdot e^{-(\mu \cdot \alpha + K \cdot L)}$$

#### 5.5.1.3. Kehilangan akibat slip anker

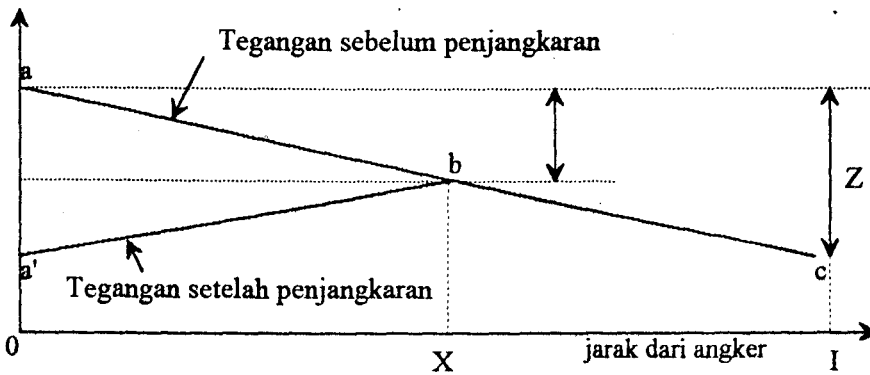
Kehilangan ini terjadi apabila gaya pratekan dikerjakan pada ankernya. Jadi bekerjanya dimulai saat beban *jack* dilepas dan diberikan pada balok. Penyebab utamanya bervariasi pada model masing-masing anker.

Kehilangan prategang akibat slip anker ini tidak terjadi pada sepanjang balok tetapi hanya terjadi pada daerah ujungnya (pada anker hidup) saja, kehilangan ini terjadi akibat adanya gesekan beton terhadap tendon yang menghalangi slip anker tersebut.

Yang kemudian perlu mendapat perhatian adalah seberapa jauh slip anker ini berpengaruh. Hal ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$X = \sqrt{\frac{E_p \cdot g}{\sigma_o \cdot \left( \mu \cdot \frac{\alpha}{L} + K \right)}}$$





GAMBAR 5.7. PENURUNAN TEGANGAN AKIBAT SLIP ANGKER

Metode ini pula yang biasa dipakai untuk *over tension*.

### 5.5.2. Kehilangan Pratekan Atas Fungsi Waktu

Kehilangan pratekan atas fungsi waktu merupakan akibat dari *creep* (*CR*), *shrinkage* (*SH*) dan *steel relaxation* (*RET*). Kehilangan ini diperhitungkan dengan menggunakan metode *PCI COMMITTEE*. Dalam metode ini perhitungan dibagi dalam empat interval waktu seperti yang tercantum dalam Tabel 5.1, Lampiran C.

Analisa struktur dilakukan per-taraf lantai sampai akhir pelaksanaan hingga akhir umur rencana gedung. Kontrol tegangan yang terjadi dilakukan pada setiap tahap pembebanan.

#### 5.5.2.1. Kehilangan akibat rangkai (*creep*)

Kehilangan pratekan akibat rangkai dapat dihitung dengan persamaan sbb :

$$CR = (UCR).(SCF).(MCF).(PCR).(f_c)$$

dimana :

$f_c$  = Tegangan tekan beton pada  $C_{gs}$  pada saat  $t_1$



$UCR$  (*Ultimate Creep Loss*) =

Untuk beton normal

- a. *Curing* beton tidak lebih dari 7 hari

$$UCR = 90 - 20 E_c / 10^6 \geq 11$$

- b. *Curing* yang dipercepat

$$UCR = 63 - 20 E_c / 10^6 \geq 11$$

#### 5.5.2.2. Kehilangan akibat susut (*shrinkage / SH*)

$$SH = (USH) \cdot (SSF) \cdot (PSH)$$

dimana :

$USH$  untuk :

- Beton normal .....  $USH = 27000 - 3000 E_c / 10^6$

- Beton ringan .....  $USH = 41000 - 1000 E_c / 10^6$

tetapi harga  $USH > 12000$  psi

#### 5.5.2.3. Kehilangan akibat relaksasi (*RET*)

Kehilangan pratekan akibat relaksasi baja untuk interval waktu  $t$  s/d  $t_1$  dapat dihitung dengan persamaan sbb :

- ☐ Untuk baja relaksasi tinggi (*stress-relieved steel*)

$$RET = f_{st} \cdot \left[ \frac{(\log 24.t - \log 24.t_1)}{10} \right] \cdot \left[ \frac{f_{st}}{f_{py}} - 0,55 \right]$$

dimana :

$$\frac{f_{st}}{f_{py}} - 0,55 \geq 0,05 \quad ; \quad f_{py} = 0,85 \cdot f_{pu}$$



- ☐ Untuk baja relaksasi rendah (*low-relaxation steel*)

$$RET = f_{st} \cdot \left[ \frac{(\log 24.t - \log 24.t_1)}{45} \right] \cdot \left[ \frac{f_{st}}{f_{py}} - 0,55 \right]$$

dimana :

$$\frac{f_{st}}{f_{py}} - 0,55 \geq 0,05 \quad ; \quad f_{py} = 0,90 \cdot f_{pu}$$

### 5.6. DISAIN KEKUATAN BATAS PENAMPANG

Perhitungan kekuatan *ultimate* pada umumnya untuk menentukan kekuatan nominal dari suatu penampang, yaitu bahwa suatu penampang harus memenuhi persyaratan :

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

Berkaitan dengan ketentuan untuk perencanaan gempa, kuat lentur rencana penampang beton prategang harus mempunyai nilai minimum 1,2 kali momen retaknya:

$$M_u \geq 1,2 \cdot M_{cr} \quad \text{.....} \quad (\text{SK SNI '91, Ayat 3.11.8 butir 3})$$

Modulus runtuh yang disyaratkan,

$$f_r = 0,7 \cdot \sqrt{f_c'} = 0,7 \cdot \sqrt{35} = 4,141 \text{ MPa}$$

Momen perlawanan oleh gaya prategang,

$$M_{dec} = F \cdot \left( e + \frac{r^2}{c_b} \right)$$

Momen perlawanan total pada keadaan retak,

$$M_{cr} = M_{dec} + f_r \cdot \frac{I}{c_b}$$



Kemudian untuk menjamin agar penampang berada dalam kondisi *underreinforced*, (SK SNI '91, Ayat 3.11.8 butir 1) membatasi rasio baja tulangan prategang dan baja tulangan non-prategang dengan :

$$[\omega_p + (d/d_p)(\omega - \omega')] \leq 0,36 \cdot \beta_1$$

dimana :  $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30)$

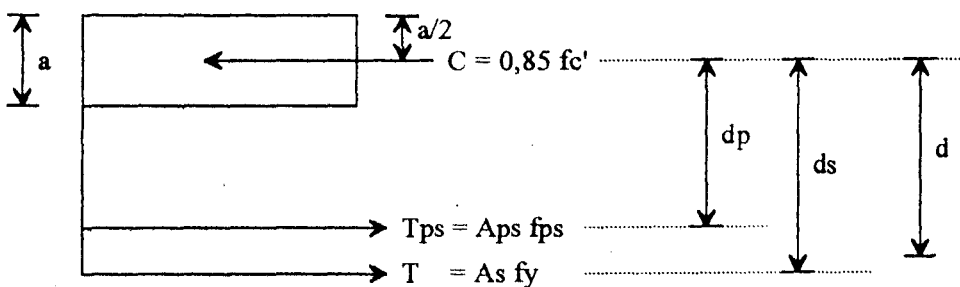
Dalam menghitung kuat lentur rencana dari tendon prategang, digunakan fps yang ditentukan seperti berikut ini :

$$\text{Untuk } \left[ \rho_p \cdot \frac{f_{pu}}{f_c'} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right] \geq 0,17$$

$$fps = f_{pu} \cdot \left[ 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left( \rho_p \frac{f_{pu}}{f_c'} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right) \right]$$

#### 5.6.1. Perencanaan Kekuatan Nominal Untuk Penampang Persegi

Kestimbangan gaya pada penampang beton dapat dilihat pada Gambar 5.8 sbb :



GAMBAR 5.8. KESETIMBANGAN GAYA PADA PENAMPANG

Dari diagram di atas dengan memperhatikan syarat keseimbangan :

$$\begin{aligned} C &= T_{ps} + T \\ &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a (d - a/2) \end{aligned}$$

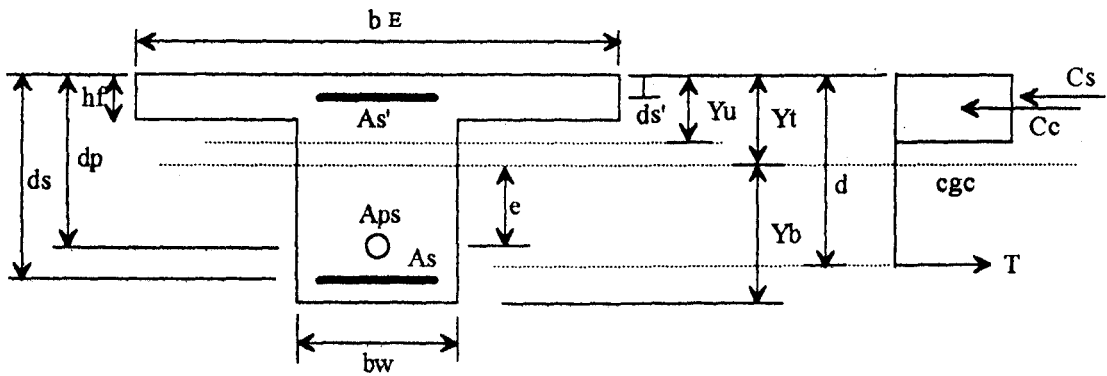




Kuat nominal lentur yang dapat dipikul oleh penampang seperti di atas dapat dinyatakan dalam persamaan sbb :

$$\begin{aligned} M_n &= C \text{ atau } (T_{ps} + T)(d - 0,5 \cdot a) \\ &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a (d - 0,5 \cdot a), \text{ atau} \\ M_n &= (A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y)(d - a/2) \end{aligned}$$

### 5.6.2. Perencanaan Kekuatan Nominal Untuk Penampang T



GAMBAR 5.9. KESETIMBANGAN GAYA PADA PENAMPANG T

Jika  $c \leq hf$  suatu penampang dianggap sebagai penampang persegi dengan  $b = bE$ , jika  $c > hf$  penampang tersebut dianggap sebagai penampang T murni.

Dalam perencanaan langkah pertama adalah menentukan letak garis netral  $c$ . Untuk itu penampang T dianggap sebagai penampang persegi dimana  $c$  ditentukan dari  $c = a/\beta_1$ . Kemudian harga  $c$  dibandingkan dengan harga  $hf$ .

Dari gambar di atas diperoleh :

$$A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot Y_u + A_s' \cdot E_s \left( \frac{Y_u - ds'}{Y_u} \cdot 0,003 + \epsilon_{cs}' \right)$$



Kekuatan nominalnya adalah :

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot Y_u \cdot b \cdot E \left( d - \frac{\beta_1 \cdot Y_u}{2} \right) + A_s' \cdot E_s \left( \frac{Y_u - d_s'}{Y_u} \cdot 0,003 \cdot \epsilon_{cs'} \right) (d - d_s')$$

Konsep index penulangan.

$$q = \omega_p + \omega + \omega' \leq 0,36 \cdot \beta_1$$

$$\text{dimana : } \omega_p = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{b \cdot d_p \cdot f_c'} = \rho_p \cdot \frac{f_{ps}}{f_c'}$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_y}{b \cdot d \cdot f_c'} = \rho \cdot \frac{f_y}{f_c'}$$

$$\omega' = \frac{A_s' \cdot f_y}{b \cdot d \cdot f_c'} = \rho' \cdot \frac{f_y}{f_c'}$$

Dalam menganalisa penampang persegi dengan penulangan tarik pratekan dan non-pratekan serta penulangan tekan, dianggap bahwa tegangan tarik dan tekan tulangan non-pratekan mencapai leleh, sehingga kesetimbangan gaya dalamnya adalah :

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a = A_{ps} \cdot f_{ps} + f_y \cdot (A_s - A_s')$$

Jika kedua sisi kita bagi dengan  $b \cdot d \cdot f_c'$ , maka persamaan di atas menjadi :

$$\frac{0,85 \cdot a}{d} = q$$

sehingga :

$$a = \frac{q \cdot d}{0,85} = 1,18 \cdot q \cdot d$$

Jadi letak garis netral dapat ditentukan dari persamaan :

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{1,18 \cdot q \cdot d}{\beta_1}$$

Dengan mengambil nilai  $a$  dari persamaan di atas maka besarnya kuat momen nominal :

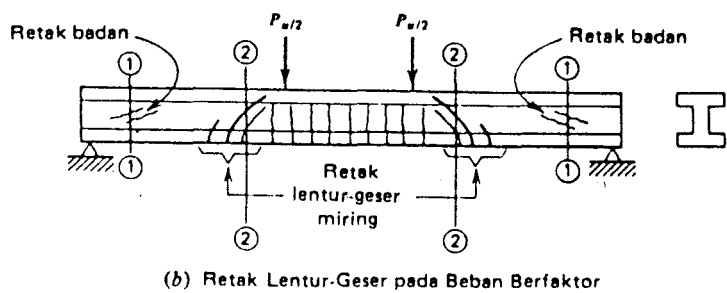
$$M_n = f_c' \cdot b^2 \cdot d \cdot q (1 - 0,59 \cdot q)$$



5.7. GESER BALOK PRATEKAN

Tulangan geser diperlukan untuk mengatasi retak pada balok pratekan. Retak pada balok pratekan ada 2 jenis yaitu :

- 1. Retak badan (*web crack*)
- 2. Retak lentur geser miring (*Inclined Flexure Shear Cracking*)



GAMBAR 5.10. RETAK BADAN DAN RETAK GESER LENTUR MIRING PADA BETON

5.7.1. Retak Badan (*V<sub>cw</sub>*)

Retak ini disebabkan oleh tegangan tarik yang terjadi (*f<sub>t</sub>*) lebih besar dari kekuatan tarik beton. Yang paling berpengaruh pada retak ini adalah tebal tipisnya badan, dan besar kecilnya gaya geser. Dengan demikian retak badan ini umumnya terjadi pada daerah perletakan dimana gaya gesernya besar. Besarnya kekuatan retak badan ini dapat dihitung dengan persamaan sbb :

$$V_{cw} = 0,3 \cdot ( \sqrt{f_{c'}} + f_{pc} ) b_w \cdot d + V_p \dots\dots\dots$$

..... (SK SNI '91, Ayat 3.4.4 butir 2 sub butir 1)

dimana :  $f_{pc} = F_{se} / A_c$

$$V_p = 0,5 \cdot p' \cdot l \dots\dots\dots p' = 8.F.h / l^2$$

### 5.7.2. Retak Lentur Geser Miring ( $V_{ci}$ )

Retak ini biasanya diawali oleh retak lentur, kemudian berangsur-angsur terjadi retak miring. Retak ini terjadi pada keadaan tulangan *under reinforcement* dan pada umumnya terjadi pada daerah lapangan. Besarnya kekuatan retak jenis ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pada SK SNI '91, Ayat 3.4.4 butir 2 sbb :

$$V_{ci} = \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{20} \right) b_w \cdot d + V_d + \frac{V_i \cdot M_{cr}}{M_{max}}$$

$$V_{ci} \geq \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{7} \right) b_w \cdot d$$

dimana :  $V_d$  = Gaya geser akibat berat sendiri ( $w_g$ )

$$M_{cr} = \left( \frac{I}{y_t} \right) \left[ \frac{\sqrt{f_c'}}{2} + f_{pe} - f_d \right]$$

$$f_d = Mg / Z_b$$

$$f_{pe} = \frac{F_e \cdot (e + kt)}{Z_b}$$

$V_i$  dan  $M_{max}$  masing-masing adalah gaya geser dan momen akibat beban maksimum.

#### ☐ Penulangan Geser

Penulangan geser diperlukan apabila  $V_n > V_c$

maka :

$$V_s = V_n - V_c = \frac{V_n}{\phi} - V_c \text{ dan}$$

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} \text{ atau } s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$



syarat :

- Tulangan geser minimum  $= A_v = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$
- Jarak spasi maksimum  $= s \leq 3/4 \cdot h$   
 $\leq 60 \text{ cm}$

## 5.8. CONTOH PEHITUNGAN

### 5.8.1. Tegangan Ijin Beton

- ♦  $\sigma_{ci} = 18,480 \text{ MPa}$
- ♦  $\sigma_{ti} = -1,387 \text{ MPa}$
- ♦  $\sigma_{cs} = 15,750 \text{ MPa}$
- ♦  $\sigma_{ts} = -2,958 \text{ MPa}$

### 5.8.2. Perhitungan Gaya Jacking Awal

Sebagai contoh perhitungan gaya *jacking* awal diambil balok pratekan lantai 1 (satu) BP-1. Gaya-gaya yang dicantumkan adalah hasil dari analisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 90 Vers. 5.20.

#### ☐ Gaya *jacking* pada tumpuan I

- ♦  $M_{\min} = 1,490\text{E}+07 \text{ kg cm}$
- ♦  $M_{\max} = 2,432\text{E}+07 \text{ kg cm}$



Dengan memasukkan parameter-parameter penampang yang telah dihitung terdahulu ke dalam persamaan 5.1 s/d 5.5, maka akan didapatkan persamaan yang merupakan daerah gaya *jacking* yang diperlukan sebagai berikut :

$$e_o \leq 13,594 + (1/F_i) (1,490E7 + 13,870 * 92495,103)$$

$$e_o \leq -24,887 + (1/F_i) (1,490E7 + 184,800 * 169332,000)$$

$$e_o \geq 13,594 + (1/F) (2,432E7 - 157,5 * 92495,103)$$

$$e_o \geq -24,887 + (1/F) (2,432E7 - 29,58 * 169332,000)$$

$$e_o \leq (e_{o_{max}}) = 31,794 - 10 = 21,794 \text{ cm}$$

Hasil dari kelima persamaan di atas dan gaya *jacking* yang memenuhi persamaan tersebut digambarkan pada Gambar 5.11-A, Lampiran C.

#### ☐ Gaya *jacking* pada lapangan

$$\blacklozenge M_{min} = 8,423E+06 \text{ kg cm}$$

$$\blacklozenge M_{max} = 1,627E+07 \text{ kg cm}$$

Dengan memasukkan parameter-parameter penampang yang telah dihitung terdahulu dalam persamaan 5.1 s/d 5.5, maka akan didapatkan persamaan yang merupakan daerah *jacking* yang diperlukan :

$$e_o \leq 24,883 + (1/F_i) (8,423E7 - 13,87 * 169332,000)$$

$$e_o \leq -13,594 + (1/F_i) (8,423E7 + 184,80 * 92495,103)$$

$$e_o \geq 24,883 + (1/F) (1,627E7 - 157,50 * 169332,000)$$

$$e_o \geq -13,594 + (1/F) (1,627E7 - 29,58 * 92495,103)$$

$$e_o \leq (e_{o_{max}}) = 58,206 - 15 = 43,206$$



Hasil dari kelima persamaan di atas dan gaya *jacking* yang memenuhi persamaan tersebut digambarkan pada Gambar 5.11-B, Lampiran C.

☐ **Gaya Jacking pada tumpuan J**

♦  $M_{\min} = 1,492E+07 \text{ kg cm}$

♦  $M_{\max} = 2,434E+07 \text{ kg cm}$

Dengan cara yang sama seperti pada tumpuan I, maka persamaan yang dihasilkan dapat digambarkan seperti pada Gambar 5.11-C, Lampiran C.

Dari hasil ke-tiga analisa tersebut di atas, maka didapatkan :

- ♦ Gaya *jacking* pada tumpuan I (angker hidup) adalah sebesar 325 ton.
- ♦ Gaya *jacking* pada lapangan adalah sebesar 325 ton
- ♦ Gaya *jacking* pada tumpuan J (angker mati) adalah sebesar 325 ton.

### 5.8.3. Perhitungan Daerah *Layout Kabel*

Sebagai contoh diambil balok pratekan lantai satu BP-1 :

$F_i = 325 \text{ ton}$

$F = 260 \text{ ton (lump sum lost of prestress } \pm 20 \% \text{)}$

$\sigma_{gi} = F_i / A_c = 325000 / 6804 = 47,766 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_g = F / A_c = 260000 / 6804 = 38,213 \text{ kg/cm}^2$

☐ Perhitungan harga  $k_t'$  dan  $k_b'$

$k_t' > 24,883 (1 - 157,5/38,213) > -77,676 \text{ cm}$

$k_b' > -13,594 (1 + 29,58/38,213) > -24,114 \text{ cm ..... (menentukan)}$



$$k_b' < 24,883 (1 + 13,870/47,766) < 32,111 \text{ cm} \dots \text{ (menentukan)}$$

$$k_b' < -13,594 (1 - 184,80/47,766) < 38,999 \text{ cm}$$

☐ Perhitungan  $e_{ou}$  dan  $e_{ol}$

a. Tumpuan I (angker hidup)

$$e_{ou} = -24,114 - \frac{24320000}{260000} = -117,652 \text{ cm}$$

$$e_{ol} = 32,111 - \frac{14890000}{325000} = -13,735 \text{ cm}$$

b. Lapangan

$$e_{ou} = -24,114 + \frac{16279000}{260000} = 38,463 \text{ cm}$$

$$e_{ol} = 32,111 + \frac{8423000}{325000} = 58,028 \text{ cm}$$

c. Tumpuan J (angker mati)

$$e_{ou} = -24,114 - \frac{24338000}{260000} = -117,729 \text{ cm}$$

$$e_{ol} = 32,111 - \frac{14916000}{325000} = -13,797 \text{ cm}$$

Pada perencanaan balok pratekan ini pada daerah tumpuan dipakai selimut beton 10 cm dan pada daerah lapangan dipakai selimut beton 15 cm. Jadi harga  $e_o$  pada tumpuan -21,794 cm dan pada daerah lapangan  $e_o = 43,206 \text{ cm}$ , dimana harga ini memenuhi persamaan diatas. Untuk harga limit kabel pada balok pratekan yang lain dapat dilihat pada Lampiran C.





#### 5.8.4. Perhitungan Gaya *Jacking* Yang Diperlukan

Sebagai contoh diambil balok pratekan yang sama yaitu BP-1. Dari analisa struktur utama didapatkan selisih antara  $F$  awal dengan gaya normal pada balok pratekan sebesar 19,957 ton. Jadi untuk mengatasi kehilangan pratekanan akibat perlawanan kolom diperlukan *overstress* sebesar gaya perlawanan kolom tersebut.

$$\begin{aligned} F_{Jacking} &= 335000 + 19957 \\ &= 344957 \text{ kg, dipakai } F_{Jacking} = 345000 \text{ kg.} \end{aligned}$$

#### 5.8.5. Perhitungan Kehilangan Prategangan

##### 5.8.5.1. Kehilangan prategang langsung

$$\begin{aligned} F_o &= 345000 \text{ kg} \\ A_{ps} &= 2665 \text{ mm}^2 \\ f_{ps} &= F_o / A_{ps} = 3,45E6 / 2665 \\ &= 1294,559 \text{ MPa} < 0,7 f_{pu} = 1303,4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Karakteristik untuk 7 *wire strands* yang direncanakan :

$$\begin{aligned} \mu &= 0,2 / \text{radial} \\ K &= 0,0016 / \text{m} \\ slip(g) &= 0,1 \text{ cm} \\ f &= 65 \text{ cm} \\ \alpha &= \frac{8 \cdot f}{1} = \frac{8 \cdot 65}{1500} = 0,347 \text{ radial} \\ \sigma_o &= 0,8 \cdot f_{pu} = 0,8 \cdot 1862 = 1489,6 \text{ MPa} = 14896 \text{ kg/cm}^2 \\ E_p &= 1,96E6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$



☐ Akibat slip angker

Jarak slip angker yang diperhitungkan, x

$$\begin{aligned}
 x &= \sqrt{\frac{E_p \cdot g}{\sigma_o \left( \frac{\mu \cdot \alpha}{l} + k \right)}} \\
 &= \sqrt{\frac{1,69E6 \cdot 0,1 \cdot 100}{14896 \left( \frac{0,2 \cdot 0,347}{15} + 0,0016 \right)}} \\
 &= 459,9 \text{ cm} = 4,599 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta \sigma &= 2 \cdot \sigma_o \left( \mu \cdot \frac{\alpha}{l} + k \right) \cdot x \\
 &= 2 \cdot 14896 \left( 0,2 \cdot \frac{0,347}{15} + 0,0016 \right) \cdot 4,599 \\
 &= 853,137 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= A_{ps} \cdot \Delta \sigma = 26,65 \cdot 853,137 \\
 &= 22714,301 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

☐ Akibat gesekan dan Efek *Wobble*

$$\begin{aligned}
 F_1 &= F_o \cdot e^{-(\mu \cdot 0,5 \cdot \alpha + k \cdot 0,5 \cdot L)} \\
 &= 345000 * e^{-(0,2 \cdot 0,5 \cdot 0,347 + 0,0016 \cdot 0,5 \cdot 15)} \\
 &= 329259,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sisa gaya prategang akibat slip angker dan *wobble efect* adalah :

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 329259,8 - 22714,301 \\
 &= 306600 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



### 5.8.5.2. Perhitungan kehilangan prategangan tak langsung

Diambil balok pratekan BP-1 sebagai contoh,

$$b = 50 \text{ cm}, \quad t = 12 \text{ cm}, \quad A_{ps} = 26,65 \text{ cm}^2 \text{ (VSL grade 270 K)}$$

$$h = 90 \text{ cm}, \quad A_c = 6804 \text{ cm}^2, \quad b_E = 242 \text{ cm}$$

$$V/S = 10,379 \text{ cm} = 4,086 \text{ in}$$

$$\text{untuk } V/S = 4,086 \text{ in}, \quad SCF = 0,761 : SSF = 0,762$$

$$E_c = 27805,575 \text{ MPa} = 4031808,372 \text{ psi}$$

$$UCR = 95 - 20.E_c/10^6$$

$$= 95 - 20 \cdot 4031808,372/10^6 = 14,36 \text{ psi} > 11 \text{ ..... Ok}$$

$$USH = 27000 - 3000.E_c/10^6$$

$$= 27000 - 3000 \cdot 4031808,372/10^6 = 14869,75 \text{ psi} > 12000 \text{ psi .... Ok}$$

$$\text{maka: } (UCR)(SCF) = 14,36 \cdot 0,761 = 10,928 \text{ ksi/ksi} = 10,928 \text{ MPa/MPa}$$

$$(USH)(SSF) = 14,869 \cdot 0,762 = 11,332 \text{ ksi} = 78,143 \text{ MPa}$$

#### ☐ Tahap I

Mulai dari akhir curing atau awal pratekanan sampai dengan dua hari setelah pratekanan.

#### ♦ Relaksasi

$$t_1 = 1/24 \quad t_2 = 2$$

Digunakan tendon prategang tipe VSL grade 270 K ( $f_{pu} = 1862 \text{ MPa}$ )

Sebagai contoh perhitungan dipakai PB-1 dengan  $F_{Jacking} = 306600 \text{ kg}$

$$fst = F_o/A_{ps} = 1150,469 \text{ MPa}$$



$$fst/fpy = \frac{1150,469}{0,9 * 1862} = 0,687$$

$$\begin{aligned} RET_1 &= fst * \left[ \frac{\log 24.t_2 - \log 24.t_1}{45} \right] * (fst / fpy - 0,55) \\ &= 1150,469 * \left[ \frac{\log 48 - \log 1}{45} \right] * (0,687 - 0,55) = 5,868 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ♦ Kehilangan prategangan akibat susut dan rangkai relatif kecil untuk waktu yang pendek.

$$SH_1 = CR_1 = 0$$

$$\begin{aligned} \triangleright fst_1 &= fst - (RET_1 + SH_1 + CR_1) = 1150,469 - (5,868 + 0 + 0) \\ &= 1144,601 \text{ MPa} \end{aligned}$$

## □ Tahap II

Mulai akhir tahap 1 s/d 21 hari, saat *jacking* lantai 2

- ♦ Relaksasi

$$t_1 = 2 \quad t_2 = 21 \quad fst_1 = 1144,601 \text{ MPa}$$

$$fst_1 / fpy = \frac{1144,601}{0,9 * 1862} = 0,683$$

$$\begin{aligned} RET_2 &= 1144,601 * \left[ \frac{\log 24.21 - \log 24.2}{45} \right] * (0,683 - 0,55) \\ &= 3,455 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ♦ Creep

$$t_2 = 21 \text{ hari} \quad PCR = AUC(21) - AUC(2) = 0,305 - 0,15 = 0,155$$

$$MCF = 0,828$$



$$f_c = \frac{N}{A_c}$$

$$= \frac{3,0504E6}{680400} = 4,483 \text{ MPa}$$

$$CR_2 = (UCR)(SCF)(PCR)(MCF).f_c$$

$$= 10,928 * 0,155 * 0,828 * 4,483 = 6,288 \text{ MPa}$$

♦ *Shrinkage*

$$t_2 = 21 \text{ hari} \quad PSH = AUS(21) - AUS(2) = 0,366 - 0,115 = 0,251$$

$$SH_2 = (USH).(SSF).(PSH)$$

$$= 78,143 * 0,251 = 19,614 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } fst_2 &= fst_1 - (RET_2 + CR_2 + SH_2) \\ &= 1144,601 - (3,455 + 6,288 + 19,614) \\ &= 1115,244 \text{ MPa} \end{aligned}$$

□ Tahap III

a. Pada saat ini waktu yang diperhitungkan adalah

♦ *Relaksasi*

$$t_1 = 21 \quad t_2 = 35 \quad fst_2 = 1115,244 \text{ MPa}$$

$$fst_2 / f_{py} = \frac{1115,244}{0,9 * 1862} = 0,665$$

$$RET_{3a} = 1115,244 * \left[ \frac{\log 24.35 - \log 24.21}{45} \right] * (0,665 - 0,55)$$

$$= 0,635 \text{ MPa}$$



♦ *Creep*

$$t_1 = 21 \text{ hari} \quad AUC = 0,305$$

$$t_2 = 35 \text{ hari} \quad AUC = 0,367 \quad PCR = 0,367 - 0,305 = 0,062$$

$$MCF = 0,66$$

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{N}{A_c} \cdot \frac{fst_2}{fst_1} \\ &= \frac{2,972E6}{680400} \cdot \frac{1115,244}{1144,601} = 4,256 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CR_{3a} &= (UCR).(SCF).(PCR).(MCF).f_c \\ &= 10,928 * 0,062 * 0,66 * 4,256 = 1,903 \text{ MPa} \end{aligned}$$

♦ *Shrinkage*

$$t_1 = 21 \quad AUS = 0,366$$

$$t_2 = 35 \quad AUS = 0,442 \quad PSH = 0,442 - 0,366 = 0,076$$

$$\begin{aligned} SH_{3a} &= (USH).(SSF).(PSH) \\ &= 78,143 * 0,076 = 5,939 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \triangleright \text{fst}_{3a} &= \text{fst}_2 - (RET_{3a} + CR_{3a} + SH_{3a}) \\ &= 1115,244 - (0,635 + 1,9093 + 5,939) = 1106,768 \text{ MPa} \end{aligned}$$

b. Pada saat ini waktu yang diperhitungkan adalah

$$t_1 = 35 \quad t_2 = 60 \quad \text{fst}_{3a} = 1106,768 \text{ MPa}$$

♦ *Relaksasi*

$$\text{fst}_{3a} / f_{py} = \frac{1106,768}{0,9 * 1862} = 0,66$$



$$RET_{3b} = 1106,768 * \left[ \frac{\log 24.60 - \log 24.35}{45} \right] * (0,66 - 0,55)$$

$$= 0,636 \text{ MPa}$$

♦ *Creep*

$$t_1 = 35 \quad AUC = 0,367$$

$$t_2 = 60 \quad AUC = 0,45 \quad PCR = 0,45 - 0,367 = 0,083$$

$$MCF = 0,6$$

$$fc = \frac{N}{Ac} \cdot \frac{fst_{3a}}{fst_2}$$

$$= \frac{2,950E6}{680400} \cdot \frac{1106,768}{1115,244} = 4,302 \text{ MPa}$$

$$CR_{3b} = (UCR).(SCF).(PCR).(MCF).fc$$

$$= 10,928 * 0,083 * 0,6 * 4,302 = 2,341 \text{ MPa}$$

♦ *Shrinkage*

$$t_1 = 35 \quad AUS = 0,442$$

$$t_2 = 60 \quad AUS = 0,55 \quad PSH = 0,55 - 0,442 = 0,108$$

$$SH_{3b} = (USH).(SSF).(PSH)$$

$$= 78,143 * 0,108 = 8,439 \text{ MPa}$$

$$\triangleright fst_{3b} = fst_{3a} - (RET_{3b} + CR_{3b} + SH_{3b})$$

$$= 1106,768 - (0,636 + 2,341 + 8,439) = 1095,351 \text{ MPa}$$



c. Pada saat ini waktu yang diperhitungkan adalah

$$t_1 = 60 \quad t_2 = 365 \quad f_{st_{3b}} = 1095,351 \text{ MPa}$$

♦ *Relaksasi*

$$f_{st_{3b}}/f_{py} = \frac{1095,351}{0,9 \cdot 1862} = 0,654$$

$$\begin{aligned} RET_{3c} &= 1095,351 * \left[ \frac{\log 24.365 - \log 24.60}{45} \right] * (0,654 - 0,55) \\ &= 1,978 \text{ MPa} \end{aligned}$$

♦ *Creep*

$$t_1 = 60 \quad AUC = 0,45$$

$$t_2 = 365 \quad AUC = 0,74 \quad PCR = 0,74 - 0,45 = 0,29$$

$$MCF = 0,6$$

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{N}{Ac} \cdot \frac{f_{st_{3b}}}{f_{st_{3a}}} \\ &= \frac{2,919E6}{680400} \cdot \frac{1095,351}{1106,768} = 4,246 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CR_{3c} &= (UCR).(SCF).(PCR).(MCF).f_c \\ &= 10,928 * 0,29 * 0,6 * 4,246 \\ &= 8,084 \text{ MPa} \end{aligned}$$

♦ *Shrinkage*

$$t_1 = 60 \quad AUS = 0,55$$

$$t_2 = 365 \quad AUS = 0,86 \quad PSH = 0,86 - 0,55 = 0,31$$

$$\begin{aligned} SH_{3c} &= (USH).(SSF).(PSH) \\ &= 78,143 \cdot 0,31 = 24,224 \text{ MPa} \end{aligned}$$





## **BAB LIMA**

---

### **PERENCANAAN BALOK PRATEKAN**

---

#### **5.1. DATA-DATA PERENCANAAN BALOK PRATEKAN**

- ♦ Mutu beton :  $f_c' = 35 \text{ MPa}$  (K-350, uji silinder)
- ♦ Baja tulangan non prategang :  $f_y = 320 \text{ MPa}$ .
- ♦ Tendon prategang dari sistem kawat untai VSL dengan  $f_{pu} = 1862 \text{ MPa}$ .
- ♦ Ukuran penampang sebagai disain awal adalah :
- ♦ Lebar = 50 cm dan tinggi = 90 cm.

#### **5.2. DISAIN PENDAHULUAN**

Balok pratekan yang akan didisain dalam hal ini adalah bukan pada keseluruhan balok utama, namun hanya pada balok utama podium lantai 1, 2 dan 3, yang mempunyai bentang balok 15 meter.



Balok-balok beton pratekan direncanakan memakai sistem pasca-tarik (*post-tension*) dengan tendon terekat (*bonded tendon*). Sedang metode pelaksanaannya dengan cara "cetak di tempat" (*cast-in-place*).

Sistem prategang sebagian (*partial prestress*) diterapkan pada balok-balok yang dirancang. Dan sebagai konsekwensi dengan mengijinkan adanya tarikan pada beton, tulangan-tulangan lunak (*non-prategang*) dipasang pada daerah-daerah tarik tersebut yang juga untuk meningkatkan kekuatan batas penampang serta dipersiapkan untuk mengatasi momen yang berbalik arah pada saat terjadi gempa.

Untuk mutu beton K-350 (beton normal), dan di-*jacking* pada umur 14 hari, parameter-parameter yang ditetapkan oleh SK SNI '91, Ayat 3.11.4 adalah :

$$\begin{aligned} \square \quad f_c' &= 35 \text{ MPa} & \dots\dots\dots E_c &= 4700 \cdot \sqrt{35} = 27805,575 \text{ MPa} \\ & & f_{ci}' &= 0,88 \cdot 35 = 30,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

♦ Tegangan-tegangan beton yang diijinkan :

1. Segera setelah peralihan gaya prategang (sebelum kehilangan)

$$\text{Tekan} = 0,6 \cdot f_{ci}' = 0,6 \cdot 30,8 = 18,480 \text{ MPa}$$

$$\text{Tarik} = 0,25 \cdot \sqrt{f_{ci}'} = 0,25 \cdot \sqrt{30,8} = 1,387 \text{ MPa}$$

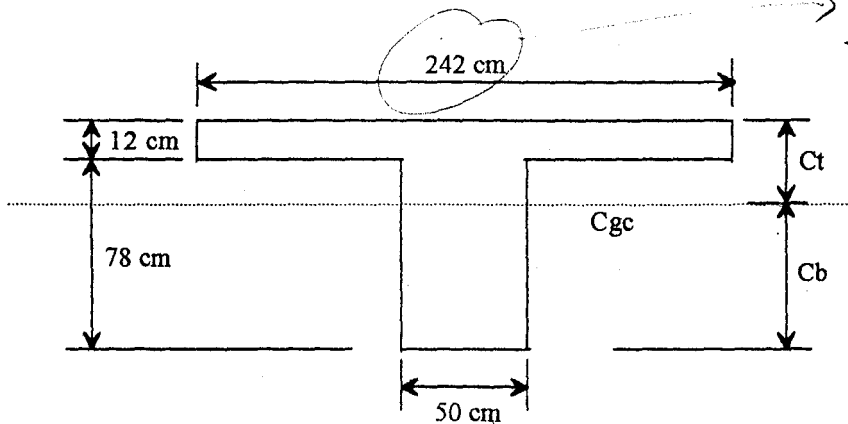
2. Setelah terjadi seluruh kehilangan prategang pada beban kerja

$$\text{Tekan} = 0,45 \cdot f_c' = 0,45 \cdot 35 = 15,750 \text{ MPa}$$

$$\text{Tarik} = 0,5 \cdot \sqrt{f_c'} = 0,5 \cdot \sqrt{35} = 2,958 \text{ MPa}$$

Balok-balok pratekan direncanakan seluruhnya dengan dimensi 500 x 900 mm<sup>2</sup>.



☐ Parameter-parameter penampang balok pratekan


Nilai-nilai properti penampang yang diperhitungkan adalah seperti di bawah ini :

$$0,12 \cdot 2,42 = 0,2904 \cdot 0,060 = 0,0174$$

$$0,78 \cdot 0,50 = 0,3900 \cdot 0,510 = 0,1989$$

$$A_c = 0,6804 \text{ m}^2 \quad S = 0,2163 \text{ m}^3$$

$$C_t = \frac{0,2163}{0,6804} = 0,31794 \text{ m}$$

$$C_b = 0,900 - 0,31794 = 0,58206 \text{ m}$$

$$0,2904 \cdot (0,12^2 / 12 + 0,258^2) = 0,0196787 \text{ m}^4$$

$$0,3900 \cdot (0,78^2 / 12 + 0,192^2) = 0,0341590 \text{ m}^4$$

$$I = 0,0538377 \text{ m}^4$$

$$r^2 = \frac{0,0538377}{0,6804} = 0,0791265 \text{ m}^2$$

$$k_t = \frac{0,0791265}{0,58206} = 0,13594 \text{ m} \quad : \quad Z_b = \frac{0,0538377}{0,58206} = 0,092495 \text{ m}^3$$

$$k_b = \frac{0,0791265}{0,31794} = 0,24887 \text{ m} \quad : \quad Z_t = \frac{0,0538377}{0,31794} = 0,169332 \text{ m}^3$$



### 5.3. PENENTUAN GAYA PRATEKAN/PRATEGANG DAN LETAK KABEL

#### 5.3.1. Penentuan Gaya Pratekan Awal

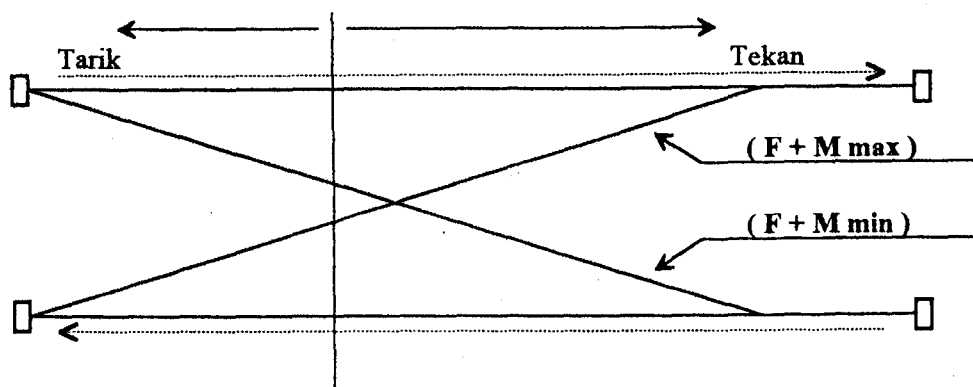
Dalam perencanaan balok pratekan, peninjauan pembebanan tidak cukup hanya melihat besar beban luar baik yang berupa beban mati maupun beban hidup yang bekerja saja, tetapi perlu diperhatikan juga kombinasi antara beban luar dan gaya pratekan yang diterima beton. Keadaan balok pratekan yang paling kritis pada umumnya terjadi pada dua kondisi pembebanan, yaitu pembebanan awal (*initial loading*) dan pembebanan akhir (*final loading*).

Yang dimaksud dengan kondisi pembebanan awal adalah kondisi pembebanan pada saat gaya pratekan ditransfer pada beton. Beban yang bekerja hanya berupa beban mati saja karena beban hidup belum bekerja yang akan memberikan momen minimum ( $M_{\min}$ ). Pada saat ini gaya pratekan adalah maksimum dan kekuatan beton adalah minimum karena kekuatan beton belum penuh.

Yang dimaksud dengan kondisi pembebanan akhir adalah kondisi dimana beban luar yaitu beban mati dan beban hidup sudah sepenuhnya bekerja dan kehilangan pratekan sudah terjadi. Pada saat ini beban luar adalah maksimum yaitu yang memberikan momen maksimum ( $M_{\max}$ ) dan gaya pratekan adalah minimum.

Kedua kondisi pembebanan tersebut dapat dinyatakan seperti Gambar 5.1. pada halaman berikut.





GAMBAR 5.1. DIAGRAM TEGANGAN DIBAWAH KONDISI EKSTRIM

Tegangan yang terjadi pada masing-masing keadaan tersebut tidak boleh melebihi ketentuan tegangan yang diijinkan seperti tersebut di atas yaitu :

- ♦ Untuk tegangan tarik, tegangan yang terjadi  $\leq$  tegangan tarik ijin.
- ♦ Untuk tegangan tekan, tegangan yang terjadi  $\leq$  tegangan tekan ijin.

Untuk mendapatkan harga besarnya gaya pratekan yang diperlukan, dilakukan dahulu analisa struktur tanpa adanya gaya pratekan untuk mengetahui besar  $M_{\min}$  dan  $M_{\max}$ .

Besarnya gaya pratekan dan eksentrisitas yang diberikan adalah sedemikian rupa sehingga baik pada kondisi pembebanan awal maupun kondisi pembebanan akhir, tegangan yang terjadi tidak melanggar ketentuan tegangan ijin. Karena masing-masing kondisi tersebut di atas mempunyai dua syarat batas yaitu tegangan tarik maksimum dan tegangan tekan maksimum maka besarnya gaya pratekan awal dan eksentrisitasnya harus memenuhi lima persamaan sebagai berikut :



☐ Syarat kondisi pada saat *jacking* (*inisial*)

-  $e_o \leq k_b + \left(\frac{1}{F_i}\right) (M_{mia} - \sigma_{ti} \cdot Z_t) \dots\dots\dots (5.1)$

-  $e_o \leq k_t + \left(\frac{1}{F_i}\right) (M_{min} - \sigma_{ci} \cdot Z_b) \dots\dots\dots (5.2)$

☐ Syarat kondisi pada saat beban hidup bekerja

-  $e_o \leq k_b + \left(\frac{1}{F}\right) (M_{max} - \sigma_{cs} \cdot Z_t) \dots\dots\dots (5.3)$

-  $e_o \leq k_t + \left(\frac{1}{F}\right) (M_{max} + \sigma_{ts} \cdot Z_b) \dots\dots\dots (5.4)$

☐ Syarat eksentrisitas penampang maximum

-  $e_o \leq (e_o)_{max} = C_b - d_c \dots\dots\dots (5.5)$

Dengan menggambarkan hubungan antara  $e_o$  dan  $1/F_i$  dari persamaan tersebut, maka akan diperoleh besarnya gaya *jacking* yang dibutuhkan pada daerah tersebut. Persamaan 5.1 s/d 5.5 adalah untuk momen positif. Sedangkan untuk momen negatif tetap memakai persamaan 5.1 s/d 5.5 tetapi dengan membalik letak kern atas dan kern bawahnya dan mengubah tanda momen dari negatif menjadi positif.

5.3.2. Penentuan Letak Kabel (*Cable Lay Out*)

Penentuan besarnya gaya pratekan dan eksentrisitas yang diperlukan hanya didasarkan pada beberapa potongan kritis, yaitu pada tumpuan kiri, tengah bentang dan tumpuan kanan. Sehingga untuk titik-titik lain sepanjang bentang perlu ditentukan daerah limit kabel berdasarkan gaya yang bekerja sedemikian sehingga tegangan ijin tidak dilampaui.

Tegangan yang bekerja pada titik berat beton akibat gaya pratekan awal dan gaya pratekan efektif adalah :

$$\sigma_{gi} = \frac{F_i}{A_c}, \text{ sehingga } F_i = \sigma_{gi} \cdot A_c$$

$$\sigma_g = \frac{F_e}{A_c} = \frac{\eta \cdot F_i}{A_c}, \text{ sehingga } \eta \cdot F_i = \sigma_g \cdot A_c$$

Persamaan 5.1 s/d 5.4 dapat dinyatakan dalam harga  $\sigma_{gi}$  dan  $\sigma_g$  sbb:

$$-e_o - \frac{M_{min}}{F_i} \leq k_b \left( 1 - \frac{\sigma_{ti}}{\sigma_{gi}} \right) \quad \dots\dots\dots (5.6)$$

$$-e_o - \frac{M_{min}}{F_i} \leq k_t \left( 1 - \frac{\sigma_{ci}}{\sigma_{gi}} \right) \quad \dots\dots\dots (5.7)$$

$$-e_o - \frac{M_{max}}{F} \geq k_b \left( 1 - \frac{\sigma_{cs}}{\sigma_{gi}} \right) \quad \dots\dots\dots (5.8)$$

$$-e_o - \frac{M_{max}}{F} \geq k_t \left( 1 - \frac{\sigma_{ts}}{\sigma_{gi}} \right) \quad \dots\dots\dots (5.9)$$

Persamaan sebelah kanan menunjukkan besarnya eksentrisitas gaya C dari beton untuk kedua kondisi beban yang ekstrim. Sehingga persamaan 5.6 s/d 5.9 menggambarkan limit atas dan limit bawah dari tendon. Dengan daerah limit kern atas ( $k'_t$ ) dan kern bawah ( $k'_b$ ) diambil berdasarkan :

☐ Harga  $k'_t$  diambil yang terbesar dari :

$$\bullet \quad k_b \left( 1 - \frac{\sigma_{cs}}{\sigma_g} \right)$$

$$\bullet \quad k_t \left( 1 - \frac{\sigma_{ts}}{\sigma_g} \right)$$



□ Harga  $k_b'$  diambil yang terkecil dari :

$$\diamond k_b \left( 1 - \frac{\sigma_{ti}}{\sigma_{gi}} \right)$$

$$\diamond k_t \left( 1 - \frac{\sigma_{ci}}{\sigma_{gi}} \right)$$

Sehingga dari dua kondisi beban ekstrim didapat :

$$e_o - \frac{M_{maz}}{F} \geq k_t'$$

$$e_o - \frac{M_{min}}{F_i} \leq k_b'$$

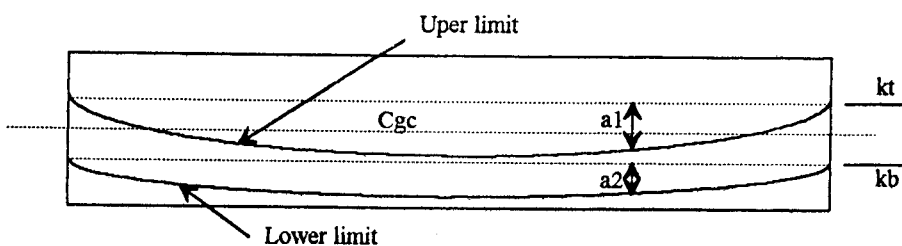
Maka penempatan tendon harus berada sesuai dengan persamaan :

$$k_t' + \frac{M_{max}}{F} \leq e_o \leq k_b' + \frac{M_{min}}{F_i} \quad \dots \dots \dots (5.10)$$

Dimana :  $k_t' + \frac{M_{max}}{F} = e_{oU} = \text{Limit atas}$

$$k_b' + \frac{M_{mini}}{F_i} = e_{oL} = \text{Limit bawah}$$

Daerah limit kabel secara umum dapat ditunjukkan seperti pada gambar berikut :



GAMBAR 5.2. DAERAH LIMIT KABEL PADA BALOK PRATEKAN



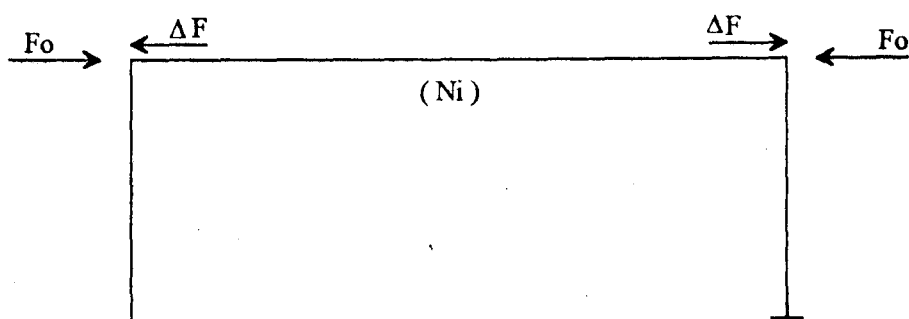


#### 5.4. PERHITUNGAN GAYA PRATEGANG YANG DIBUTUHKAN

Permasalahan yang ada pada portal balok pratekan dengan adanya hubungan monolit antara balok dan kolom adalah timbulnya gaya perlawanan kolom akibat memendeknya balok pratekan. Gaya perlawanan kolom ini menyebabkan gaya pratekan yang diberikan menjadi berkurang karena sebagian pratekanan dipergunakan untuk mengatasi gaya perlawanan kolom.

Memendeknya balok pratekan tersebut disebabkan oleh perpendekan elastis (*elstic shortening*) dan akibat *creep* serta susut. Dimana perpendekan elastis terjadi sesaat setelah balok pratekan di-*jacking*, sedangkan *creep* serta susut terjadi sesuai dengan fungsi waktu. Kehilangan pratekan langsung pada balok yang sedang di-*jack* dapat diatasi dengan menambah gaya *jacking*-nya. Sedangkan untuk kehilangan tak langsung balok yang telah di-*jack* harus diperhitungkan sebagai pengurangan gaya pratekan.

Untuk menghitung gaya *jacking* yang dibutuhkan, terlebih dahulu dicari berkurangnya gaya pratekan pada balok. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan *runing* struktur dengan gaya pratekan dasar/asli yang didapat dari persamaan 5.1 s/d 5.5.



GAMBAR 5.3. GAYA PRATEGANG AWAL SEBELUM ADANYA PERLAWANAN KOLOM

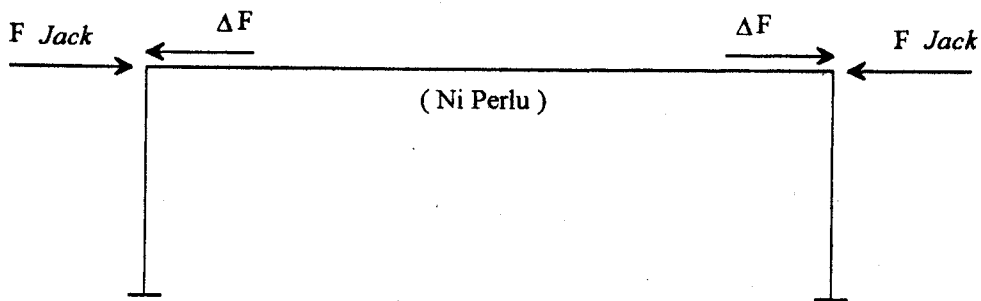


dimana :  $N_i$  = Gaya aksial yang terjadi pada balok pratekan

$$= F_o - \Delta F$$

Agar gaya aksial yang terjadi pada balok pratekan tetap atau hampir sama seperti yang diinginkan ( $F_o$  asli) maka gaya pratekan perlu ditambah sebesar  $\Delta F$ . Jadi gaya *jacking* yang dibutuhkan:

$$F_{Jack} = F_o + \Delta F = F_o + (F_o - N_i)$$



GAMBAR 5.4. GAYA PRATEGANG SETELAH ADANYA PERLAWANAN KOLOM

Sehingga :

$$N_i \text{ Perlu} = F_{Jack} - \Delta F = F_o$$

### 5.5. PERHITUNGAN KEHILANGAN GAYA PRATEGANG

Sebelum mengontrol tegangan yang terjadi, perlu dihitung kehilangan gaya pratekan. Secara umum kehilangan pratekan adalah perbedaan gaya pada waktu tertentu terhadap gaya yang diberikan saat *jacking*.

Berkurangnya gaya pratekan ini dapat berakibat berkurangnya tegangan beton dan juga tegangan bajanya sehingga secara tidak langsung kemampuan balok juga menurun.

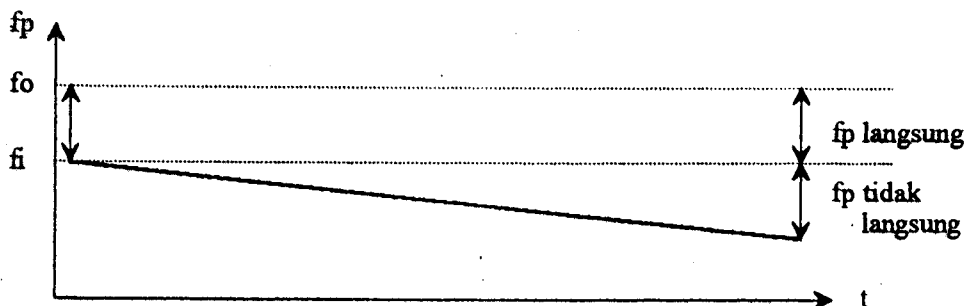


Untuk memperkirakan besarnya kehilangan pratekan secara tepat adalah hal yang sulit karena banyaknya faktor yang berpengaruh seperti misalnya :

- ♦ Sifat dua karakter beton dan baja
- ♦ *Curing* dan kondisi kelembaban
- ♦ Prosentase tegangan pada waktu penegangannya
- ♦ Proses *pre-stressing*

Secara fungsi waktu kehilangan pratekan dapat dibagi dua yaitu :

1. Kehilangan pratekan langsung :
  - a. Akibat perpendekan elastis (*elastic shortening*)
  - b. Akibat gesekan (*friction*) dan *woble efect*
  - c. Akibat slip pada angker (*anchorage set*)
2. Kehilangan pratekan tak langsung :
  - a. Akibat *creep*
  - b. Akibat susut (*shrinkage*)
  - c. Akibat relaksasi baja (*steel relaxation*)



GAMBAR 5.5. KEHILANGAN PRATEKAN PADA SISTEM *POST-TENSION*



### 5.5.1. Kehilangan Pratekan Langsung

#### 5.5.1.1. Kehilangan akibat perpendekan elastis beton (ES)

Akibat perpendekan elastis terutama berpengaruh pada sistem *pre-tension* dan juga sistem *post-tension* dengan tendon majemuk yang di-*jack* tidak bersamaan. Sedangkan untuk sistem *post-tension* dengan tendon tunggal, beton memendek setelah tendon diprategang dan kemudian gaya *jacking* diukur setelah perpendekan elastis beton terjadi. Dengan demikian besar kehilangan pratekan akibat perpendekan elastis tidak perlu dihitung. Tetapi perhitungan besar perpendekan elastis yang terjadi tetap dilakukan karena diperlukan untuk mencari gaya perlawanan kolom akibat perpendekan balok yang akhirnya dapat mengurangi gaya pratekan.

Besarnya perpendekan elastis dapat dihitung dengan persamaan sbb :

- ☐ Untuk  $C_{gs}$  yang konsentris

$$ES = n \cdot F_o / A_c$$

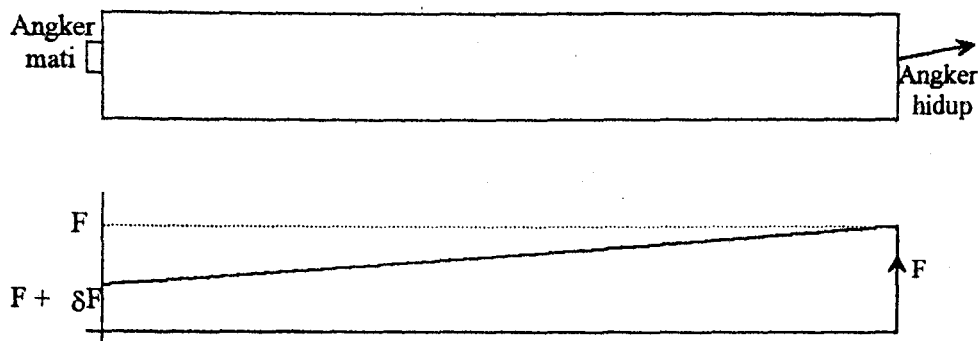
- ☐ Untuk  $C_{gs}$  yang eksentris

$$ES = n \cdot f_{cir}$$

#### 5.5.1.2. Kehilangan akibat gesekan dan *wobble efect*

Saat mengadakan penarikan kabel, maka akibat tegangan kabel akan terjadi suatu gerakan relatif dari tendon terhadap beton. Akibat gerakan ini terjadilah suatu gesekan yang akan menimbulkan reaksi yang arahnya berlawanan dengan gaya *jacking* sepanjang tendon. Gesekan ini terjadi karena kabel berbentuk lengkung.



GAMBAR 5.6 KEHILANGAN GAYA PRATEKAN AKIBAT GESEKAN DAN *WOBBLE EFEK*

Kehilangan pratekan akibat pengaruh ini dapat dihitung dengan persamaan sbb :

$$F_2 = F_1 \cdot e^{-(\mu \cdot \alpha + K \cdot L)}$$

#### 5.5.1.3. Kehilangan akibat slip angker

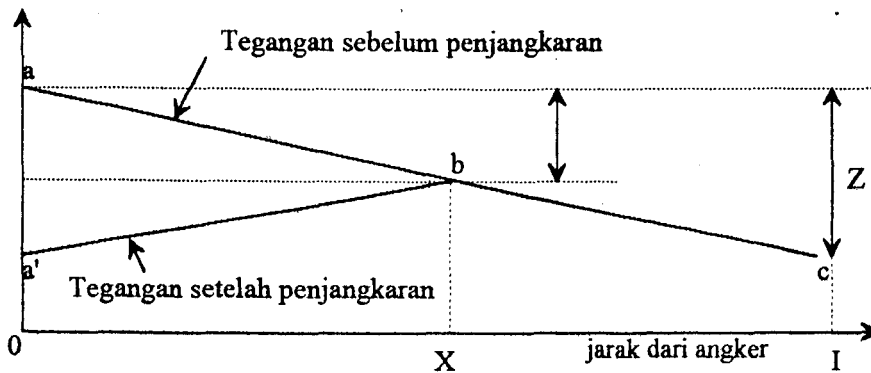
Kehilangan ini terjadi apabila gaya pratekan dikerjakan pada angkernya. Jadi bekerjanya dimulai saat beban *jack* dilepas dan diberikan pada balok. Penyebab utamanya bervariasi pada model masing-masing angker.

Kehilangan prategang akibat slip angker ini tidak terjadi pada sepanjang balok tetapi hanya terjadi pada daerah ujungnya (pada angker hidup) saja, kehilangan ini terjadi akibat adanya gesekan beton terhadap tendon yang menghalangi slip angker tersebut.

Yang kemudian perlu mendapat perhatian adalah seberapa jauh slip angker ini berpengaruh. Hal ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$X = \sqrt{\frac{E_p \cdot g}{\sigma_o \cdot \left( \mu \cdot \frac{\alpha}{L} + K \right)}}$$





GAMBAR 5.7. PENURUNAN TEGANGAN AKIBAT SLIP ANGKER

Metode ini pula yang biasa dipakai untuk *over tension*.

### 5.5.2. Kehilangan Pratekan Atas Fungsi Waktu

Kehilangan pratekan atas fungsi waktu merupakan akibat dari *creep* (*CR*), *shrinkage* (*SH*) dan *steel relaxation* (*RET*). Kehilangan ini diperhitungkan dengan menggunakan metode *PCI COMMITTEE*. Dalam metode ini perhitungan dibagi dalam empat interval waktu seperti yang tercantum dalam Tabel 5.1, Lampiran C.

Analisa struktur dilakukan per-teraf lantai sampai akhir pelaksanaan hingga akhir umur rencana gedung. Kontrol tegangan yang terjadi dilakukan pada setiap tahap pembebanan.

#### 5.5.2.1. Kehilangan akibat rangkai (*creep*)

Kehilangan pratekan akibat rangkai dapat dihitung dengan persamaan sbb :

$$CR = (UCR).(SCF).(MCF).(PCR).(f_c)$$

dimana :

$f_c$  = Tegangan tekan beton pada  $C_{gs}$  pada saat  $t_1$



$UCR$  (*Ultimate Creep Loss*) =

Untuk beton normal

- a. *Curing* beton tidak lebih dari 7 hari

$$UCR = 90 - 20 E_c / 10^6 \geq 11$$

- b. *Curing* yang dipercepat

$$UCR = 63 - 20 E_c / 10^6 \geq 11$$

### 5.5.2.2. Kehilangan akibat susut (*shrinkage / SH*)

$$SH = (USH) \cdot (SSF) \cdot (PSH)$$

dimana :

$USH$  untuk :

- Beton normal .....  $USH = 27000 - 3000 E_c / 10^6$

- Beton ringan .....  $USH = 41000 - 1000 E_c / 10^6$

tetapi harga  $USH > 12000$  psi

### 5.5.2.3. Kehilangan akibat relaksasi (*RET*)

Kehilangan pratekan akibat relaksasi baja untuk interval waktu  $t$  s/d  $t_1$  dapat dihitung dengan persamaan sbb :

- ☐ Untuk baja relaksasi tinggi (*stress-relieved steel*)

$$RET = f_{st} \cdot \left[ \frac{(\log 24.t - \log 24.t_1)}{10} \right] \cdot \left[ \frac{f_{st}}{f_{py}} - 0,55 \right]$$

dimana :

$$\frac{f_{st}}{f_{py}} - 0,55 \geq 0,05 \quad ; \quad f_{py} = 0,85 \cdot f_{pu}$$



- ☐ Untuk baja relaksasi rendah (*low-relaxation steel*)

$$RET = f_{st} \cdot \left[ \frac{(\log 24.t - \log 24.t_1)}{45} \right] \cdot \left[ \frac{f_{st}}{f_{py}} - 0,55 \right]$$

dimana :

$$\frac{f_{st}}{f_{py}} - 0,55 \geq 0,05 \quad ; \quad f_{py} = 0,90 \cdot f_{pu}$$

## 5.6. DISAIN KEKUATAN BATAS PENAMPANG

Perhitungan kekuatan *ultimate* pada umumnya untuk menentukan kekuatan nominal dari suatu penampang, yaitu bahwa suatu penampang harus memenuhi persyaratan :

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

Berkaitan dengan ketentuan untuk perencanaan gempa, kuat lentur rencana penampang beton prategang harus mempunyai nilai minimum 1,2 kali momen retaknya:

$$M_u \geq 1,2 \cdot M_{cr} \quad \dots\dots\dots (\text{SK SNI '91, Ayat 3.11.8 butir 3})$$

Modulus runtuh yang disyaratkan,

$$f_r = 0,7 \cdot \sqrt{f_c'} = 0,7 \cdot \sqrt{35} = 4,141 \text{ MPa}$$

Momen perlawanan oleh gaya prategang,

$$M_{dec} = F \cdot \left( e + \frac{r^2}{c_b} \right)$$

Momen perlawanan total pada keadaan retak,

$$M_{cr} = M_{dec} + f_r \cdot \frac{I}{c_b}$$





Kemudian untuk menjamin agar penampang berada dalam kondisi *underreinforced*, (SK SNI '91, Ayat 3.11.8 butir 1) membatasi rasio baja tulangan prategang dan baja tulangan non-prategang dengan :

$$[\omega_p + (d/d_p)(\omega - \omega')] \leq 0,36 \cdot \beta_1$$

dimana :  $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30)$

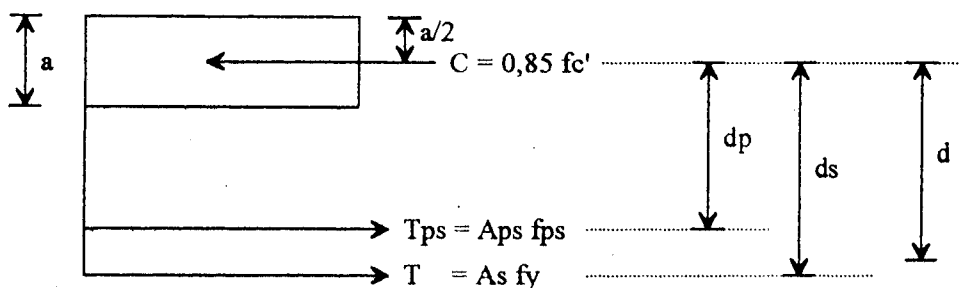
Dalam menghitung kuat lentur rencana dari tendon prategang, digunakan fps yang ditentukan seperti berikut ini :

$$\text{Untuk } \left[ \rho_p \cdot \frac{f_{pu}}{f_c'} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right] \geq 0,17$$

$$fps = f_{pu} \cdot \left[ 1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left( \rho_p \frac{f_{pu}}{f_c'} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right) \right]$$

#### 5.6.1. Perencanaan Kekuatan Nominal Untuk Penampang Persegi

Kestimbangan gaya pada penampang beton dapat dilihat pada Gambar 5.8 sbb :



GAMBAR 5.8. KESETIMBANGAN GAYA PADA PENAMPANG

Dari diagram di atas dengan memperhatikan syarat keseimbangan :

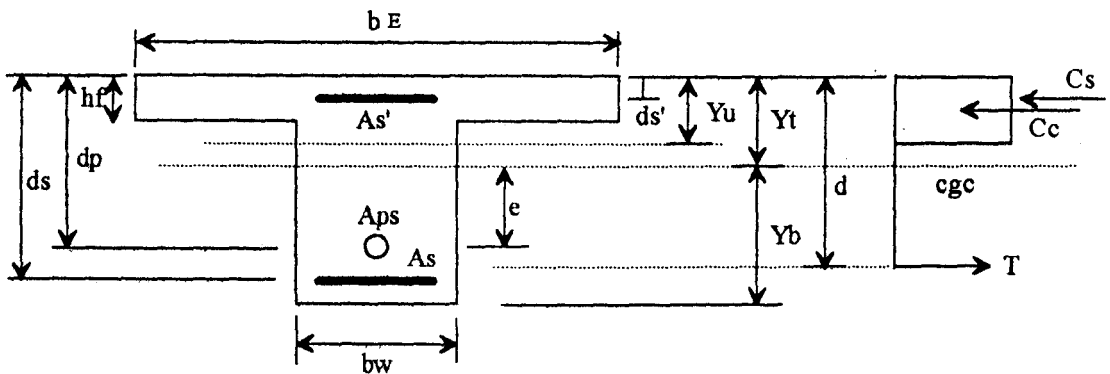
$$\begin{aligned} C &= T_{ps} + T \\ &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \left( d - \frac{a}{2} \right) \end{aligned}$$



Kuat nominal lentur yang dapat dipikul oleh penampang seperti di atas dapat dinyatakan dalam persamaan sbb :

$$\begin{aligned} M_n &= C \text{ atau } (T_{ps} + T)(d - 0,5 \cdot a) \\ &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a (d - 0,5 \cdot a), \text{ atau} \\ M_n &= (A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y)(d - a/2) \end{aligned}$$

### 5.6.2. Perencanaan Kekuatan Nominal Untuk Penampang T



**GAMBAR 5.9. KESETIMBANGAN GAYA PADA PENAMPANG T**

Jika  $c \leq hf$  suatu penampang dianggap sebagai penampang persegi dengan  $b = b_E$ ,  
jika  $c > hf$  penampang tersebut dianggap sebagai penampang T murni.

Dalam perencanaan langkah pertama adalah menentukan letak garis netral  $c$ . Untuk itu penampang T dianggap sebagai penampang persegi dimana  $c$  ditentukan dari  $c = a/\beta_1$ . Kemudian harga  $c$  dibandingkan dengan harga  $h_f$ .

Dari gambar di atas diperoleh :

$$A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot Y_u + A_s' \cdot E_s \left( \frac{Y_u - d_s'}{Y_u} \cdot 0,003 + \varepsilon_{cs}' \right)$$



Kekuatan nominalnya adalah :

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot Y_u \cdot b E \left( d - \frac{\beta_1 \cdot Y_u}{2} \right) + A_s' \cdot E_s \left( \frac{Y_u - d_s'}{Y_u} 0,003 \cdot \epsilon_{cs'} \right) (d - d_s')$$

Konsep index penulangan.

$$q = \omega_p + \omega + \omega' \leq 0,36 \cdot \beta_1$$

$$\text{dimana : } \omega_p = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{b \cdot d_p \cdot f_c'} = \rho_p \cdot \frac{f_{ps}}{f_c'}$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_y}{b \cdot d \cdot f_c'} = \rho \cdot \frac{f_y}{f_c'}$$

$$\omega' = \frac{A_s' \cdot f_y}{b \cdot d \cdot f_c'} = \rho \cdot \frac{f_y}{f_c'}$$

Dalam menganalisa penampang persegi dengan penulangan tarik pratekan dan non-pratekan serta penulangan tekan, dianggap bahwa tegangan tarik dan tekan tulangan non-pratekan mencapai leleh, sehingga kesetimbangan gaya dalamnya adalah :

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a = A_{ps} \cdot f_{ps} + f_y \cdot (A_s - A_s')$$

Jika kedua sisi kita bagi dengan  $b \cdot d \cdot f_c'$ , maka persamaan di atas menjadi :

$$\frac{0,85 \cdot a}{d} = q$$

sehingga :

$$a = \frac{q \cdot d}{0,85} = 1,18 \cdot q \cdot d$$

Jadi letak garis netral dapat ditentukan dari persamaan :

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{1,18 \cdot q \cdot d}{\beta_1}$$

Dengan mengambil nilai  $a$  dari persamaan di atas maka besarnya kuat momen nominal :

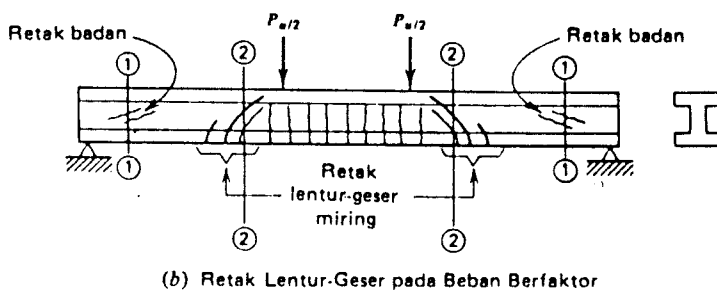
$$M_n = f_c' \cdot b^2 \cdot d \cdot q (1 - 0,59 \cdot q)$$



## 5.7. GESER BALOK PRATEKAN

Tulangan geser diperlukan untuk mengatasi retak pada balok pratekan. Retak pada balok pratekan ada 2 jenis yaitu :

1. Retak badan (*web crack*)
2. Retak lentur geser miring (*Inclined Flexure Shear Cracking*)



GAMBAR 5.10. RETAK BADAN DAN RETAK GESER LENTUR MIRING PADA BETON

### 5.7.1. Retak Badan ( $V_{cw}$ )

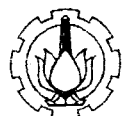
Retak ini disebabkan oleh tegangan tarik yang terjadi ( $f_t$ ) lebih besar dari kekuatan tarik beton. Yang paling berpengaruh pada retak ini adalah tebal tipisnya badan, dan besar kecilnya gaya geser. Dengan demikian retak badan ini umumnya terjadi pada daerah perletakan dimana gaya gesernya besar. Besarnya kekuatan retak badan ini dapat dihitung dengan persamaan sbb :

$$V_{cw} = 0,3 \cdot (\sqrt{f_{c'}} + f_{pc}) \cdot b_w \cdot d + V_p \dots\dots\dots$$

..... (SK SNI '91, Ayat 3.4.4 butir 2 sub butir 1)

dimana :  $f_{pc} = F_{se} / A_c$

$$V_p = 0,5 \cdot p' \cdot l \dots\dots\dots p' = 8.F.h / l^2$$



### 5.7.2. Retak Lentur Geser Miring ( $V_{ci}$ )

Retak ini biasanya diawali oleh retak lentur, kemudian berangsur-angsur terjadi retak miring. Retak ini terjadi pada keadaan tulangan *under reinforcement* dan pada umumnya terjadi pada daerah lapangan. Besarnya kekuatan retak jenis ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pada SK SNI '91, Ayat 3.4.4 butir 2 sbb :

$$V_{ci} = \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{20} \right) b_w \cdot d + V_d + \frac{V_i \cdot M_{cr}}{M_{max}}$$

$$V_{ci} \geq \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{7} \right) b_w \cdot d$$

dimana :  $V_d$  = Gaya geser akibat berat sendiri ( $w_g$ )

$$M_{cr} = \left( \frac{I}{y_t} \right) \left[ \frac{\sqrt{f_c'}}{2} + f_{pe} - f_d \right]$$

$$f_d = Mg / Z_b$$

$$f_{pe} = \frac{F_e \cdot (e + kt)}{Z_b}$$

$V_i$  dan  $M_{max}$  masing-masing adalah gaya geser dan momen akibat beban maksimum.

#### ☐ Penulangan Geser

Penulangan geser diperlukan apabila  $V_n > V_c$

maka :

$$V_s = V_n - V_c = \frac{V_n}{\phi} - V_c \text{ dan}$$

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} \text{ atau } s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$



syarat :

$$\text{- Tulangan geser minimum} = A_v = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$$

$$\begin{aligned} \text{- Jarak spasi maksimum} &= s \leq 3/4 \cdot h \\ &\leq 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

## 5.8. CONTOH PEHITUNGAN

### 5.8.1. Tegangan Ijin Beton

- ♦  $\sigma_{ci} = 18,480 \text{ MPa}$
- ♦  $\sigma_{ti} = -1,387 \text{ MPa}$
- ♦  $\sigma_{cs} = 15,750 \text{ MPa}$
- ♦  $\sigma_{ts} = -2,958 \text{ MPa}$

### 5.8.2. Perhitungan Gaya Jacking Awal

Sebagai contoh perhitungan gaya *jacking* awal diambil balok pratekan lantai 1 (satu) BP-1. Gaya-gaya yang dicantumkan adalah hasil dari analisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 90 Vers. 5.20.

#### ☐ Gaya *jacking* pada tumpuan I

- ♦  $M_{\min} = 1,490\text{E}+07 \text{ kg cm}$
- ♦  $M_{\max} = 2,432\text{E}+07 \text{ kg cm}$



Dengan memasukkan parameter-parameter penampang yang telah dihitung terdahulu ke dalam persamaan 5.1 s/d 5.5, maka akan didapatkan persamaan yang merupakan daerah gaya *jacking* yang diperlukan sebagai berikut :

$$e_o \leq 13,594 + (1/F_i)(1,490E7 + 13,870 * 92495,103)$$

$$e_o \leq -24,887 + (1/F_i)(1,490E7 + 184,800 * 169332,000)$$

$$e_o \geq 13,594 + (1/F)(2,432E7 - 157,5 * 92495,103)$$

$$e_o \geq -24,887 + (1/F)(2,432E7 - 29,58 * 169332,000)$$

$$e_o \leq (e_{o_{max}}) = 31,794 - 10 = 21,794 \text{ cm}$$

Hasil dari kelima persamaan di atas dan gaya *jacking* yang memenuhi persamaan tersebut digambarkan pada Gambar 5.11-A, Lampiran C.

#### ☐ Gaya *jacking* pada lapangan

$$\diamond M_{min} = 8,423E+06 \text{ kg cm}$$

$$\diamond M_{max} = 1,627E+07 \text{ kg cm}$$

Dengan memasukkan parameter-parameter penampang yang telah dihitung terdahulu dalam persamaan 5.1 s/d 5.5, maka akan didapatkan persamaan yang merupakan daerah *jacking* yang diperlukan :

$$e_o \leq 24,883 + (1/F_i)(8,423E7 - 13,87 * 169332,000)$$

$$e_o \leq -13,594 + (1/F_i)(8,423E7 + 184,80 * 92495,103)$$

$$e_o \geq 24,883 + (1/F)(1,627E7 - 157,50 * 169332,000)$$

$$e_o \geq -13,594 + (1/F)(1,627E7 - 29,58 * 92495,103)$$

$$e_o \leq (e_{o_{max}}) = 58,206 - 15 = 43,206$$



Hasil dari kelima persamaan di atas dan gaya *jacking* yang memenuhi persamaan tersebut digambarkan pada Gambar 5.11-B, Lampiran C.

□ Gaya *Jacking* pada tumpuan J

♦  $M_{\min} = 1,492E+07 \text{ kg cm}$

♦  $M_{\max} = 2,434E+07 \text{ kg cm}$

Dengan cara yang sama seperti pada tumpuan I, maka persamaan yang dihasilkan dapat digambarkan seperti pada Gambar 5.11-C, Lampiran C.

Dari hasil ke-tiga analisa tersebut di atas, maka didapatkan :

- ♦ Gaya *jacking* pada tumpuan I (angker hidup) adalah sebesar 325 ton.
- ♦ Gaya *jacking* pada lapangan adalah sebesar 325 ton
- ♦ Gaya *jacking* pada tumpuan J (angker mati) adalah sebesar 325 ton.

### 5.8.3. Perhitungan Daerah *Layout* Kabel

Sebagai contoh diambil balok pratekan lantai satu BP-1 :

$F_i = 325 \text{ ton}$

$F = 260 \text{ ton (lump sum lost of prestress } \pm 20 \%)$

$\sigma_{gi} = F_i / A_c = 325000 / 6804 = 47,766 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_g = F / A_c = 260000 / 6804 = 38,213 \text{ kg/cm}^2$

□ Perhitungan harga  $k_t'$  dan  $k_b'$

$k_t' > 24,883 (1 - 157,5/38,213) > -77,676 \text{ cm}$

$k_t' > -13,594 (1 + 29,58/38,213) > -24,114 \text{ cm ..... (menentukan)}$





$$k_b' < 24,883 (1 + 13,870/47,766) < 32,111 \text{ cm} \dots \text{ (menentukan)}$$

$$k_b' < -13,594 (1 - 184,80/47,766) < 38,999 \text{ cm}$$

□ Perhitungan  $e_{ou}$  dan  $e_{ol}$

a. Tumpuan I (angker hidup)

$$e_{ou} = -24,114 - \frac{24320000}{260000} = -117,652 \text{ cm}$$

$$e_{ol} = 32,111 - \frac{14890000}{325000} = -13,735 \text{ cm}$$

b. Lapangan

$$e_{ou} = -24,114 + \frac{16279000}{260000} = 38,463 \text{ cm}$$

$$e_{ol} = 32,111 + \frac{8423000}{325000} = 58,028 \text{ cm}$$

c. Tumpuan J (angker mati)

$$e_{ou} = -24,114 - \frac{24338000}{260000} = -117,729 \text{ cm}$$

$$e_{ol} = 32,111 - \frac{14916000}{325000} = -13,797 \text{ cm}$$

Pada perencanaan balok pratekan ini pada daerah tumpuan dipakai selimut beton 10 cm dan pada daerah lapangan dipakai selimut beton 15 cm. Jadi harga  $e_o$  pada tumpuan -21,794 cm dan pada daerah lapangan  $e_o = 43,206 \text{ cm}$ , dimana harga ini memenuhi persamaan diatas. Untuk harga limit kabel pada balok pratekan yang lain dapat dilihat pada Lampiran C.



#### 5.8.4. Perhitungan Gaya *Jacking* Yang Diperlukan

Sebagai contoh diambil balok pratekan yang sama yaitu BP-1. Dari analisa struktur utama didapatkan selisih antara  $F$  awal dengan gaya normal pada balok pratekan sebesar 19,957 ton. Jadi untuk mengatasi kehilangan pratekanan akibat perlawanan kolom diperlukan *overstress* sebesar gaya perlawanan kolom tersebut.

$$\begin{aligned} F_{Jacking} &= 335000 + 19957 \\ &= 344957 \text{ kg, dipakai } F_{Jacking} = 345000 \text{ kg.} \end{aligned}$$

#### 5.8.5. Perhitungan Kehilangan Prategangan

##### 5.8.5.1. Kehilangan prategang langsung

$$F_o = 345000 \text{ kg}$$

$$A_{ps} = 2665 \text{ mm}^2$$

$$f_{ps} = F_o / A_{ps} = 3,45E6 / 2665$$

$$= 1294,559 \text{ MPa} < 0,7 f_{pu} = 1303,4 \text{ MPa}$$

Karakteristik untuk 7 *wire strands* yang direncanakan :

$$\mu = 0,2 / \text{radial}$$

$$K = 0,0016 / \text{m'}$$

$$\text{slip} (g) = 0,1 \text{ cm}$$

$$f = 65 \text{ cm}$$

$$\alpha = \frac{8 \cdot f}{1} = \frac{8 \cdot 65}{1500} = 0,347 \text{ radial}$$

$$\sigma_o = 0,8 \cdot f_{pu} = 0,8 \cdot 1862 = 1489,6 \text{ MPa} = 14896 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_p = 1,96E6 \text{ kg/cm}^2$$



☐ Akibat slip angker

Jarak slip angker yang diperhitungkan, x

$$\begin{aligned}
 x &= \sqrt{\frac{E_p \cdot g}{\sigma_o \left( \frac{\mu \cdot \alpha}{l} + k \right)}} \\
 &= \sqrt{\frac{1,69E6 \cdot 0,1 \cdot 100}{14896 \left( \frac{0,2 \cdot 0,347}{15} + 0,0016 \right)}} \\
 &= 459,9 \text{ cm} = 4,599 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta \sigma &= 2 \cdot \sigma_o \left( \mu \cdot \frac{\alpha}{l} + k \right) \cdot x \\
 &= 2 \cdot 14896 \left( 0,2 \cdot \frac{0,347}{15} + 0,0016 \right) \cdot 4,599 \\
 &= 853,137 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= A_{ps} \cdot \Delta \sigma = 26,65 \cdot 853,137 \\
 &= 22714,301 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

☐ Akibat gesekan dan Efek *Wobble*

$$\begin{aligned}
 F_1 &= F_o \cdot e^{-(\mu \cdot 0,5 \cdot \alpha + k \cdot 0,5 \cdot L)} \\
 &= 345000 * e^{-(0,2 \cdot 0,5 \cdot 0,347 + 0,0016 \cdot 0,5 \cdot 15)} \\
 &= 329259,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sisa gaya prategang akibat slip angker dan *wobble efect* adalah :

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 329259,8 - 22714,301 \\
 &= 306600 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



### 5.8.5.2. Perhitungan kehilangan prategangan tak langsung

Diambil balok pratekan BP-1 sebagai contoh,

$$b = 50 \text{ cm}, \quad t = 12 \text{ cm}, \quad A_{ps} = 26,65 \text{ cm}^2 \text{ (VSL grade 270 K)}$$

$$h = 90 \text{ cm}, \quad A_c = 6804 \text{ cm}^2, \quad b_E = 242 \text{ cm}$$

$$V/S = 10,379 \text{ cm} = 4,086 \text{ in}$$

$$\text{untuk } V/S = 4,086 \text{ in}, \quad SCF = 0,761 : SSF = 0,762$$

$$E_c = 27805,575 \text{ MPa} = 4031808,372 \text{ psi}$$

$$UCR = 95 - 20 \cdot E_c / 10^6$$

$$= 95 - 20 \cdot 4031808,372 / 10^6 = 14,36 \text{ psi} > 11 \text{ ..... Ok}$$

$$USH = 27000 - 3000 \cdot E_c / 10^6$$

$$= 27000 - 3000 \cdot 4031808,372 / 10^6 = 14869,75 \text{ psi} > 12000 \text{ psi .... Ok}$$

$$\text{maka: } (UCR)(SCF) = 14,36 * 0,761 = 10,928 \text{ ksi/ksi} = 10,928 \text{ MPa/MPa}$$

$$(USH)(SSF) = 14,869 * 0,762 = 11,332 \text{ ksi} = 78,143 \text{ MPa}$$

#### ☐ Tahap I

Mulai dari akhir curing atau awal pratekanan sampai dengan dua hari setelah pratekanan.

#### ♦ Relaksasi

$$t_1 = 1/24 \quad t_2 = 2$$

Digunakan tendon prategang tipe VSL grade 270 K ( $f_{pu} = 1862 \text{ MPa}$ )

Sebagai contoh perhitungan dipakai PB-1 dengan  $F_{Jacking} = 306600 \text{ kg}$

$$f_{st} = F_o / A_{ps} = 1150,469 \text{ MPa}$$



$$fst/fpy = \frac{1150,469}{0,9 * 1862} = 0,687$$

$$\begin{aligned} RET_1 &= fst * \left[ \frac{\log 24.t_2 - \log 24.t_1}{45} \right] * (fst / fpy - 0,55) \\ &= 1150,469 * \left[ \frac{\log 48 - \log 1}{45} \right] * (0,687 - 0,55) = 5,868 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ♦ Kehilangan prategangan akibat susut dan rangkai relatif kecil untuk waktu yang pendek.

$$SH_1 = CR_1 = 0$$

$$\begin{aligned} \triangleright fst_1 &= fst - (RET_1 + SH_1 + CR_1) = 1150,469 - (5,868 + 0 + 0) \\ &= 1144,601 \text{ MPa} \end{aligned}$$

## □ Tahap II

Mulai akhir tahap 1 s/d 21 hari, saat *jacking* lantai 2

- ♦ Relaksasi

$$t_1 = 2 \quad t_2 = 21 \quad fst_1 = 1144,601 \text{ MPa}$$

$$fst_1 / fpy = \frac{1144,601}{0,9 * 1862} = 0,683$$

$$\begin{aligned} RET_2 &= 1144,601 * \left[ \frac{\log 24.21 - \log 24.2}{45} \right] * (0,683 - 0,55) \\ &= 3,455 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ♦ Creep

$$t_2 = 21 \text{ hari} \quad PCR = AUC(21) - AUC(2) = 0,305 - 0,15 = 0,155$$

$$MCF = 0,828$$



$$f_c = \frac{N}{A_c}$$

$$= \frac{3,0504E6}{680400} = 4,483 \text{ MPa}$$

$$CR_2 = (UCR)(SCF)(PCR)(MCF).f_c$$

$$= 10,928 * 0,155 * 0,828 * 4,483 = 6,288 \text{ MPa}$$

♦ *Shrinkage*

$$t_2 = 21 \text{ hari} \quad PSH = AUS(21) - AUS(2) = 0,366 - 0,115 = 0,251$$

$$SH_2 = (USH).(SSF).(PSH)$$

$$= 78,143 * 0,251 = 19,614 \text{ MPa}$$

$$\triangleright f_{st_2} = f_{st_1} - (RET_2 + CR_2 + SH_2)$$

$$= 1144,601 - (3,455 + 6,288 + 19,614)$$

$$= 1115,244 \text{ MPa}$$

□ **Tahap III**

a. Pada saat ini waktu yang diperhitungkan adalah

♦ *Relaksasi*

$$t_1 = 21 \quad t_2 = 35 \quad f_{st_2} = 1115,244 \text{ MPa}$$

$$f_{st_2} / f_{py} = \frac{1115,244}{0,9 * 1862} = 0,665$$

$$RET_{3a} = 1115,244 * \left[ \frac{\log 24.35 - \log 24.21}{45} \right] * (0,665 - 0,55)$$

$$= 0,635 \text{ MPa}$$



♦ *Creep*

$$t_1 = 21 \text{ hari} \quad AUC = 0,305$$

$$t_2 = 35 \text{ hari} \quad AUC = 0,367 \quad PCR = 0,367 - 0,305 = 0,062$$

$$MCF = 0,66$$

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{N}{A_c} \cdot \frac{fst_2}{fst_1} \\ &= \frac{2,972E6}{680400} \cdot \frac{1115,244}{1144,601} = 4,256 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CR_{3a} &= (UCR).(SCF).(PCR).(MCF).f_c \\ &= 10,928 * 0,062 * 0,66 * 4,256 = 1,903 \text{ MPa} \end{aligned}$$

♦ *Shrinkage*

$$t_1 = 21 \quad AUS = 0,366$$

$$t_2 = 35 \quad AUS = 0,442 \quad PSH = 0,442 - 0,366 = 0,076$$

$$\begin{aligned} SH_{3a} &= (USH).(SSF).(PSH) \\ &= 78,143 * 0,076 = 5,939 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \triangleright \text{fst}_{3a} &= \text{fst}_2 - (RET_{3a} + CR_{3a} + SH_{3a}) \\ &= 1115,244 - (0,635 + 1,9093 + 5,939) = 1106,768 \text{ MPa} \end{aligned}$$

b. Pada saat ini waktu yang diperhitungkan adalah

$$t_1 = 35 \quad t_2 = 60 \quad \text{fst}_{3a} = 1106,768 \text{ MPa}$$

♦ *Relaksasi*

$$\text{fst}_{3a} / f_{py} = \frac{1106,768}{0,9 * 1862} = 0,66$$



$$\begin{aligned}
 RET_{3b} &= 1106,768 * \left[ \frac{\log 24.60 - \log 24.35}{45} \right] * (0,66 - 0,55) \\
 &= 0,636 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

♦ *Creep*

$$t_1 = 35 \quad AUC = 0,367$$

$$t_2 = 60 \quad AUC = 0,45 \quad PCR = 0,45 - 0,367 = 0,083$$

$$MCF = 0,6$$

$$\begin{aligned}
 f_c &= \frac{N}{Ac} \cdot \frac{fst_{3a}}{fst_2} \\
 &= \frac{2,950E6}{680400} \cdot \frac{1106,768}{1115,244} = 4,302 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CR_{3b} &= (UCR).(SCF).(PCR).(MCF).f_c \\
 &= 10,928 * 0,083 * 0,6 * 4,302 = 2,341 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

♦ *Shrinkage*

$$t_1 = 35 \quad AUS = 0,442$$

$$t_2 = 60 \quad AUS = 0,55 \quad PSH = 0,55 - 0,442 = 0,108$$

$$\begin{aligned}
 SH_{3b} &= (USH).(SSF).(PSH) \\
 &= 78,143 * 0,108 = 8,439 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \triangleright \text{fst}_{3b} &= \text{fst}_{3a} - (RET_{3b} + CR_{3b} + SH_{3b}) \\
 &= 1106,768 - (0,636 + 2,341 + 8,439) = 1095,351 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$





c. Pada saat ini waktu yang diperhitungkan adalah

$$t_1 = 60 \quad t_2 = 365 \quad f_{st_{3b}} = 1095,351 \text{ MPa}$$

♦ *Relaksasi*

$$f_{st_{3b}}/f_{py} = \frac{1095,351}{0,9 \cdot 1862} = 0,654$$

$$\begin{aligned} RET_{3c} &= 1095,351 * \left[ \frac{\log 24.365 - \log 24.60}{45} \right] * (0,654 - 0,55) \\ &= 1,978 \text{ MPa} \end{aligned}$$

♦ *Creep*

$$t_1 = 60 \quad AUC = 0,45$$

$$t_2 = 365 \quad AUC = 0,74 \quad PCR = 0,74 - 0,45 = 0,29$$

$$MCF = 0,6$$

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{N}{Ac} \cdot \frac{f_{st_{3b}}}{f_{st_{3a}}} \\ &= \frac{2,919E6}{680400} \cdot \frac{1095,351}{1106,768} = 4,246 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CR_{3c} &= (UCR).(SCF).(PCR).(MCF).f_c \\ &= 10,928 * 0,29 * 0,6 * 4,246 \\ &= 8,084 \text{ MPa} \end{aligned}$$

♦ *Shrinkage*

$$t_1 = 60 \quad AUS = 0,55$$

$$t_2 = 365 \quad AUS = 0,86 \quad PSH = 0,86 - 0,55 = 0,31$$

$$\begin{aligned} SH_{3c} &= (USH).(SSF).(PSH) \\ &= 78,143 \cdot 0,31 = 24,224 \text{ MPa} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \triangleright f_{st_{3c}} &= f_{st_{3b}} - (RET_{3c} + CR_{3c} + SH_{3c}) \\
 &= 1095,351 - (1,978 + 8,084 + 24,224) = 1061,064 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

#### □ Tahap IV

$$t_1 = 365 \text{ hari} \quad t_2 = 40 \text{ tahun} \quad f_{st_{3c}} = 1061,064 \text{ MPa}$$

##### ♦ Relaksasi

$$f_{st_{3c}} / f_{py} = \frac{1061,064}{0,9 \cdot 1862} = 0,633$$

$$\begin{aligned}
 RET_4 &= 1061,064 * \left[ \frac{\log 24.365.40 - \log 24.365}{45} \right] * (0,633 - 0,55) \\
 &= 3,142 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

##### ♦ Creep

$$t_1 = 365 \text{ hari} \quad AUC = 0,74$$

$$t_2 = 40 \text{ th} \quad AUC = 1 \quad PCR = 1 - 0,74 = 0,26$$

$$MCF = 0,6$$

$$\begin{aligned}
 f_c &= \frac{N}{Ac} \cdot \frac{f_{st_{3c}}}{f_{st_{3b}}} \\
 &= \frac{2,828E6}{680400} \cdot \frac{1061,064}{1095,351} = 4,026 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CR_4 &= (UCR) \cdot (SCF) \cdot (PCR) \cdot (MCF) \cdot f_c \\
 &= 10,928 \cdot 0,26 \cdot 0,6 \cdot 4,026 = 6,863 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

##### ♦ Shrinkage

$$t_1 = 365 \text{ hari} \quad AUS = 0,860$$

$$t_2 = 40 \text{ th} \quad AUS = 1 \quad PSH = 1 - 0,86 = 0,14$$



$$\begin{aligned} SH_4 &= (USH).(SSF).(PSH) \\ &= 78,143 * 0,14 = 10,940 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{fst}_4 &= \text{fst}_{3c} - (RET_4 + CR_4 + SH_4) \\ &= 1061,064 - (3,142 + 6,863 + 10,94) \\ &= 1040,119 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Sisa gaya prategang pada akhir tahap 4 (masa layan) adalah :

$$\begin{aligned} F_2 &= \text{fst}_4 \cdot A_{ps} \\ &= 1040,119 \cdot 2665 = 2771917,135 \text{ N} \\ &= 277192 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ini berarti bahwa kehilangan gaya prategang total hingga akhir masa layan adalah :

$$\begin{aligned} &= 100 \% - \frac{F_2}{F_o} \cdot 100 \% \\ &= 100 \% - \frac{277192}{345000} \cdot 100 \% \\ &= 19,65 \% \end{aligned}$$

Sehingga gaya prategang yang diperlukan akibat kehilangan total :

$$\begin{aligned} F_{\text{akhir}} &= 345000 + (345000 - 277192) \\ &= 412500 \text{ kg} \end{aligned}$$



## 5.8.5.3. Kontrol tegangan yang terjadi

- ♦ Pada saat pratekanan awal ( $F_o$ )

$$\begin{aligned}
 f_t &= \frac{F_o}{Ac} - \frac{F_o \cdot e \cdot c_t}{I} + \frac{M_g \cdot c_t}{I} \\
 &= \frac{4,125E6}{680400} - \frac{4,125E6 \cdot 432,06 \cdot 317,94}{5,38E10} + \frac{8,423E8 \cdot 317,94}{5,38E10} \\
 &= 0,508 \text{ MPa} < -1,387 \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots \text{Ok}
 \end{aligned}$$

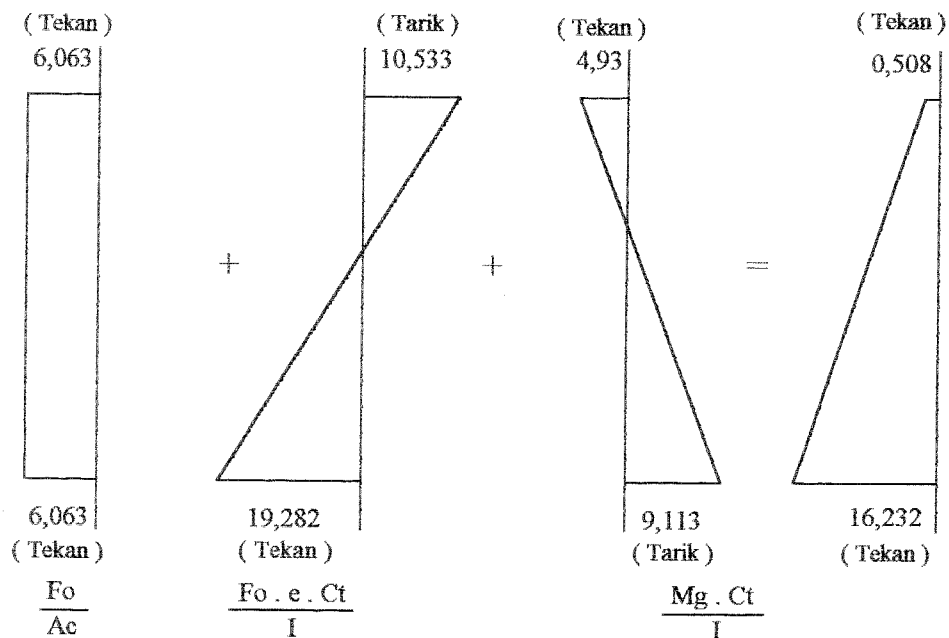
$$\begin{aligned}
 f_b &= \frac{F_o}{Ac} + \frac{F_o \cdot e \cdot c_b}{I} - \frac{M_g \cdot c_b}{I} \\
 &= \frac{4,125E6}{680400} + \frac{4,125E6 \cdot 432,06 \cdot 582,06}{5,38E10} - \frac{8,423E8 \cdot 582,06}{5,38E10} \\
 &= 16,232 \text{ MPa} < 18,48 \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots \text{Ok}
 \end{aligned}$$

- ♦ Pada saat setelah kehilangan prategangan ( $F_e$ )

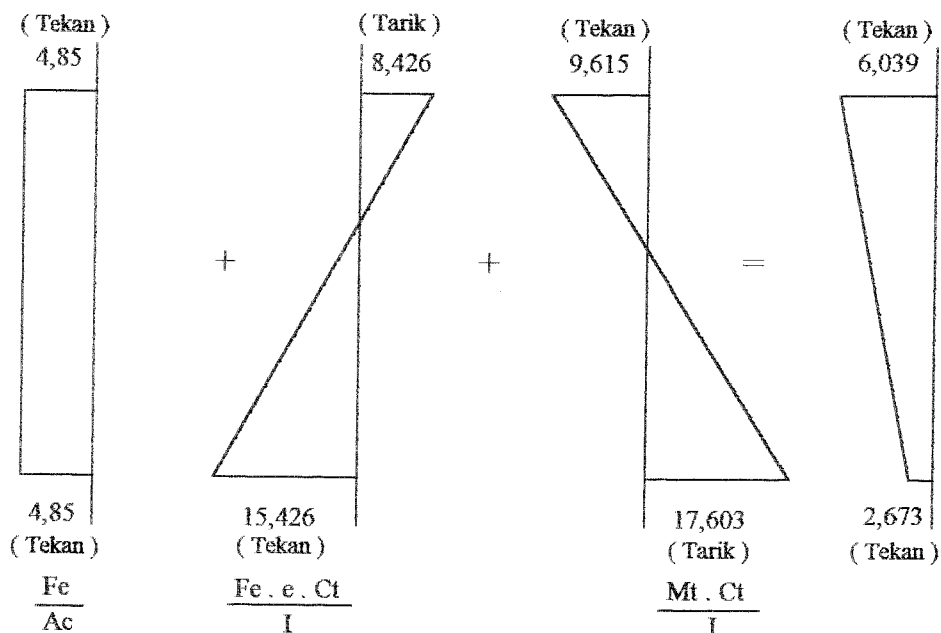
$$\begin{aligned}
 f_t &= \frac{F_e}{Ac} - \frac{F_e \cdot e \cdot c_t}{I} + \frac{M_t \cdot c_t}{I} \\
 &= \frac{3,3E6}{680400} - \frac{3,3E6 \cdot 432,06 \cdot 317,94}{5,38E10} + \frac{1,627E9 \cdot 317,94}{5,38E10} \\
 &= 6,039 \text{ MPa} < 15,75 \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots \text{Ok}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_b &= \frac{F_e}{Ac} + \frac{F_e \cdot e \cdot c_b}{I} - \frac{M_t \cdot c_b}{I} \\
 &= \frac{3,3E6}{680400} + \frac{3,3E6 \cdot 432,06 \cdot 582,06}{5,38E10} - \frac{1,627E9 \cdot 582,06}{5,38E10} \\
 &= 2,673 \text{ MPa} < -2,958 \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots \text{Ok}
 \end{aligned}$$



♦ Diagram Tegangan Pada Saat *Jacking*

## ♦ Diagram Tegangan Pada Saat Beban Kerja



### 5.8.6. Penulangan Lunak Balok Pratekan

Karakteristik penampang BP-1 sebagai contoh perhitungan tulangan lunak dalam hal ini adalah sbb:

|    |         |     |                        |
|----|---------|-----|------------------------|
| b  | = 50 cm | Aps | = 2665 mm <sup>2</sup> |
| h  | = 90 cm | fc' | = 35 MPa               |
| d' | = 5 cm  | fy  | = 320 MPa              |
| d  | = 85 cm |     |                        |

Berdasarkan analisa tegangan yang dilakukan didapatkan bahwa tegangan yang terjadi pada balok pratekan lebih kecil dari tegangan yang diijinkan. Secara teoritis dapat dikatakan bahwa balok pratekan yang direncanakan tidak memerlukan tulangan lunak. Tetapi untuk pertimbangan praktis tetap dipasang tulangan lunak pada balok pratekan dengan rasio tulangan minimum.

$$\begin{aligned}A_s &= \frac{1,4}{f_y} \cdot b_w \cdot d \\&= \frac{1,4}{320} * 500 * 850 \\&= 1859,375 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tulangan atas dipasang : 4 D.25 (  $A_s = 1964 \text{ mm}^2$  )

Tulangan bawah dipasang : 4 D.25 (  $A_s = 1964 \text{ mm}^2$  )



### 5.8.7. Kontrol Kekuatan Batas Balok Pratekan

Degan contoh balok pratekan yang sama (BP-1) :

$$A_c = 6804 \text{ cm}^2$$

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$A_{ps} = 2665 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) = 0,85 - 0,008 (35 - 30) \\ &= 0,81 > 0,65 \dots\dots\dots \text{Ok} \end{aligned}$$

$$f_{py}/f_{pu} = 0,9 \cdot f_{pu}/f_{pu} = 0,9 \dots\dots\dots \gamma_p = 0,28$$

$$\begin{aligned} M_{dec} &= F (e + r^2/c_b) = F (e + kt) \\ &= 3,3E6 (0,432 + 0,136) \\ &= 1874,4 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= M_{dec} + f_r \cdot I/c_b \\ &= 1874,4 + 4,141 \cdot 0,0538/0,582 \\ &= 1874,783 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,2 \cdot M_{cr} &= 1,2 \cdot 1874,783 \\ &= 2249,74 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$A_s = A_s' = 1964 \text{ mm}^2$$

$$d_s' = 5 \text{ cm} \qquad d_s = 85 \qquad d_p = (900 - 150) = 750 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_E \cdot d} = \frac{1964}{2420 \cdot 850} = 0,000955 = \rho'$$

$$\rho_p = \frac{A_{ps}}{b_E \cdot d_p} = \frac{2665}{2420 \cdot 750} = 0,001468$$







Dengan anggapan balok berperilaku sebagai penampang persegi selebar  $bE$ , maka gaya-gaya dalam memberikan :

$$Aps.fps + As.fy = 0,85.fc'.\beta_1.Yu.bE + As'.Es.\left[\frac{Yu - ds'}{Yu} \cdot 0,003 + \epsilon_{cs}'\right]$$

dimana :

$$\begin{aligned}\epsilon_{cs}' &= \frac{F}{Ec} \left[ \frac{1}{Ac} - \frac{e}{I} (C_t - ds') \right] \\ &= \frac{3,3E6}{27805,575} * \left[ \frac{1}{680400} - \frac{432,06}{5,38E10} (317,94 - 50) \right] \\ &= -0,00008092\end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned}Aps.fps + As.fy &= 2665 * 1752,579 + 1964 * 320 \\ &= 5299103,035 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= 0,85.fc'.\beta_1.Yu.bE + As'.Es.\left[\frac{Yu - ds'}{Yu} \cdot 0,003 + \epsilon_{cs}'\right] \\ &= 0,85*35*0,81*Yu*2420 + 1964*200000*\left[\frac{Yu - 50}{Yu} * 0,003 - 0,00008092\right]\end{aligned}$$

$$5299103,035 = 58315,95*Yu + 1,1784E6 - 5,892E7/Yu - 31785,376$$

$$= 58315,95 * Yu^2 - 4,153E6 * Yu - 5,892E7 = 0$$

$$Yu = 83,339 \text{ mm}$$

$$0,81 * Yu = 0,81 * 83,339 = 67,505 \text{ mm} < hf = 120 \text{ mm}$$

☐ Balok berperilaku sebagai penampang persegi.

Tinggi efektif penampang adalah :

$$\begin{aligned}d &= \frac{Aps.fps.dp + As.fy.ds}{Aps.fps + As.fy} \\ &= \frac{2665 * 1752,579 * 750 + 1964 * 320 * 850}{2665 * 1752,579 + 1964 * 320} = 761,86 \text{ mm}\end{aligned}$$



Momen Nominal penampang ditengah bentang

$$\begin{aligned}
 M_n &= 0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot Y_u \cdot bE \left[ d - \frac{\beta_1 \cdot Y_u}{2} \right] + \\
 &\quad A_s' \cdot E_s \cdot \left[ \frac{Y_u - d_s'}{Y_u} \cdot 0,003 + \epsilon_{cs'} \right] \cdot (d - d_s') \\
 &= 0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 83,339 \cdot 2420 \cdot \left[ 850 - \frac{67,505}{2} \right] + \\
 &\quad 1964 \cdot 200000 \cdot \left[ \frac{83,339 - 50}{83,339} \cdot 0,003 - 0,00008092 \right] \cdot (850 - 50) \\
 &= 3966957101 + 35169815,96 \\
 &= 4002126917 = 4,002E9 \text{ Nmm} \\
 M_u &= \phi \cdot M_n = 0,8 \cdot 4,002E9 \\
 &= 3201,702 \text{ kN-m} > 1,2 M_{cr} \dots\dots\dots \text{Ok}
 \end{aligned}$$

#### 5.8.8. Geser Balok Pratekan

$$F_e = 3,3E6 \text{ N}$$

$$b_w = 400 \text{ mm}$$

$$d = 850 \text{ mm}$$

$$A_c = 680400 \text{ mm}^2$$

☐ Kekuatan geser beton

$$\text{Pada jarak } x \text{ (dari muka tumpuan)} = 0,5 \cdot h = 45 \text{ cm}$$

$$V_n = 4,136E5/0,6$$

$$= 6,893E5 \text{ N}$$



$$V_{cw} = 0,3 \cdot (\sqrt{f_{c'}} + f_{pc}) \cdot b_w \cdot d + V_p$$

$$f_{pc} = \frac{3,3E6}{680400} = 4,85 \text{ MPa}$$

$$V_p = \frac{0,5 \cdot 8 \cdot 3,3E6 \cdot 900}{15000} = 792000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_{cw} &= 0,30 \cdot (\sqrt{35} + 4,85) \cdot 400 \cdot 850 + 792000 \\ &= 1890140,138 \text{ N} > V_n = 6,893E5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_{\max} = 9,42E8 \text{ N-mm} = 942 \text{ kN-m}$$

$$M_{cr} = Z_b \cdot \left( \sqrt{\frac{f_{c'}}{2}} + f_{pc} \right)$$

$$\begin{aligned} f_{pc} &= \frac{F_e}{A_c} + \frac{F_e \cdot e}{Z_b} \\ &= \frac{3,3E6}{680400} + \frac{3,3E6 \cdot 432,06}{9,248E7} = 20,268 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= 9,248E7 \cdot \left( \sqrt{\frac{35}{2}} + 20,268 \right) \\ &= 2,261E9 \text{ Nmm} = 2261 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{ci} &= \left( \frac{1}{20} \sqrt{f_{c'}} \right) \cdot b \cdot d + \left( \frac{V_i}{M_{\max}} \right) \cdot M_{cr} \\ &= \left( \frac{1}{20} \sqrt{35} \right) \cdot 400 \cdot 850 + \frac{5,374E4}{9,42E8} \cdot 2,261E9 \\ &= 100573,356 + 128987,41 \\ &= 229560,766 > 53740 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari analisa diatas didapat bahwa gaya geser yang terjadi pada balok pratekan lebih kecil dari kemampuan balok dalam memikul gaya geser. Untuk selanjutnya tulangan geser dipasang praktis, yaitu D12 - 300 mm.



### 5.8.9. Disain Penulangan Blok Ujung

Bagian dari komponen struktur prategang yang mengelilingi angkur tendon seringkali disebut blok ujung. Pada seluruh panjang blok ujung, gaya prategang dialihkan dari luas yang kurang lebih terpusat dan didistribusikan melalui seluruh penampang beton. Dari pengamatan secara teoritis dan aksperimen diketahui bahwa panjang blok ujung ini tidak lebih dari tinggi balok atau kurang.

Untuk merencanakan penulangan pada daerah pengankuran, hal pokok yang perlu diperhatikan adalah adanya dua daerah tegangan tarik umum. Daerah pertama terdapat pada pusat penampang yang disebut " *bursting zone* ", yang mempunyai tegangan tarik maksimum sepanjang garis beban dan sejarak tertentu dari daerah tersebut. Daerah lainnya terdapat pada sisi-sisi beban dekat permukaan ujung dan disebut " *spalling zone* ", Daerah ini dibebani oleh tegangan tarik yang tinggi tetapi hanya pada daerah yang kecil.

Sebagai contoh perhitungan dengan balok yang sama yaitu BP-1 :

$$\diamond F_o = 412500 \text{ kg}, \quad F_e = 331443,75 \text{ kg}$$

$$\diamond A_{ps} = 2468 \text{ mm}^2$$

☐ . Penulangan *bursting zone*

$$\sigma_o = \frac{F_o}{b_w \cdot d} = \frac{412500}{50 \cdot 90} = 91,667 \text{ kg/cm}^2$$

$$a/d = 315/900 = 0,35 \quad \dots\dots\dots \text{ dari grafik Iyengara didapat :}$$

$$\sigma_{y \max} = 0,28 \cdot \sigma_o = 0,28 \cdot 91,67 = 25,667 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik yang diijinkan,  $\sigma_u = 13,87 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{y \max}$ , berarti diperlukan tulangan *bursting steel*.



Dengan interpolasi dari grafik Iyengara didapat titik-titik perpotongan dimana  $\sigma_y = \sigma_{ti}$ , yaitu sejarak batas-batas dimana *bursting steel* diperlukan.

$$x_1 \sim 2/8 d = 2/8 * 900 = 225 \text{ mm dari as tumpuan}$$

$$x_2 \sim 5,5/8 d = 5,5/8 * 900 = 618,75 \text{ mm dari as tumpuan}$$

Daerah dimana *bursting steel* diperlukan adalah sepanjang :

$$d_3 = x_2 - x_1 = 618,75 - 225 = 393,75 \text{ mm}$$

Dengan rumus pendekatan Iyengara, besarnya gaya membelah (*splitting force*) :

$$\begin{aligned} Z &= 2/3 \cdot d_3 \cdot (\sigma_{y \max} - \sigma_{cti}) \cdot bw \\ &= 2/3 \cdot 393,75 (25,667 - 13,87) \cdot 500 \\ &= 15483,125 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan yang diperlukan : } A = Z / f_y = 15483,125 / 320 = 4,833 \text{ cm}^2$$

Jadi pasang tulangan  $7 \phi 10$  ( $A_s = 5,5 \text{ cm}^2$ )

#### ☐ Penulangan *spalling zone*

Menurut T.Y. Lin, baja diperlukan untuk tegangan tarik transversal total sebesar

$$0,03 \cdot F_{jack} = 0,03 * 412500 = 123750 \text{ kg}$$

Luas tulangan yang diperlukan adalah :

$$A_{s \text{ perlu}} = 123750 / 320 = 38,672 \text{ cm}^2$$

Pembengkokan tulangan longitudinal pada tumpuan adalah 8 D.25 dengan luas tulangan  $A_s = 39,28 \text{ cm}^2$  yang berarti telah memenuhi kebutuhan.

Untuk selanjutnya penulangan bursting zone dan spalling zone ini dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan 5.18, Lampiran C.



## **BAB ENAM**

---

### **ANALISA STRUKTUR UTAMA**

---

#### **6.1. UMUM**

Struktur utama gedung ini terdiri dari balok-balok induk dan kolom-kolom, direncanakan untuk menerima beban gravitasi dan beban lateral akibat gempa. Selain itu, balok-balok anak beserta beban yang dipikulnya dianggap membebani balok induk, sehingga pada bentang balok induk akan terdapat beban terpusat yang berasal dari balok-balok anak.

Gaya-gaya dalam dari struktur utama gedung ini dianalisa dengan menggunakan program bantu SAP 90. Segala sesuatu yang dibutuhkan oleh program, seperti data satuan dan material, pembebanan, pemodelan struktur, diuraikan dalam sub bab-sub bab berikut :



## 6.2. DATA SATUAN DAN DATA MATERIAL

Seluruh satuan yang dipakai dalam analisa struktur utama ini adalah :

- Dimensi gaya : Ton
- Dimensi panjang : m (meter)
- Dimensi waktu : Detik

Material yang dipakai dalam analisa struktur gedung ini adalah :

- Jenis bahan : Beton bertulang
- Berat volume :  $2400 \text{ kg/m}^3$
- Mutu beton : K350 ( $f_c' = 29,2 \text{ MPa}$ )
- Mutu tulangan : U 32 ( $f_y = 3200 \text{ kg/m}^2$ )

## 6.3. PEMBEBANAN

### 6.3.1. Beban Mati

Untuk beban mati diperhitungkan seluruh beban akibat berat sendiri balok, kolom, pelat, dinding/panel, seluruh struktur sekunder dan semua elemen lain yang bersifat tetap sepanjang umur rencana gedung. Beban ini berupa beban terpusat atau merata yang diterima langsung oleh struktur utama maupun yang disalurkan melalui struktur sekunder.

### 6.3.2. Beban Hidup

Berbeda dengan beban mati yang bersifat tetap setiap waktu, beban hidup tidak selalu terjadi setiap saat. Peluang terjadinya beban hidup penuh yang membebani semua



bagian dan semua struktur pemikul secara serempak selama umur gedung tersebut adalah sangat kecil. Oleh sebab itu beban hidup dianggap tidak efektif sepenuhnya.

Sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPI '83) untuk beban hidup dalam perhitungan balok induk dan portal diberikan reduksi sebagai berikut:

Pada perencanaan balok-balok induk dan portal dari sistem struktur utama, beban hidup terbagi rata rencana dapat dikalikan dengan :

- \* 0,75 untuk ruang penghunian
- \* 0,9 untuk ruang pertemuan umum

### 6.3.3. Beban Gempa

Pada perencanaan sistem struktur penahan beban horizontal/gempa dari suatu gedung, beban hidup gedung tersebut ikut menentukan besarnya beban gempa rencana yang harus dipikul oleh sistem struktur. Seperti yang telah diuraikan diatas bahwa karena peluang terjadinya beban hidup yang kecil, maka untuk perencanaan beban gempa ini sesuai dengan PPI '83 beban hidup dapat direduksi sebagai berikut :

- 0,3 untuk ruang penghunian
- 0,5 untuk ruang pertemuan umum

Dalam perencanaan ini beban rancang lateral dasar akibat gempa harus dikalikan dengan faktor K sebesar 2. Hal ini dilakukan karena struktur direncanakan dengan daktilitas dua.





#### 6.3.4. Beban Akibat *Jacking*

Karena adanya unsur pratekan maka harus diperhitungkan pula gaya pratekan yang diberikan pada struktur. Hal ini diperhitungkan pada perhitungan struktur utama.

#### 6.3.5. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang diperhitungkan didasarkan pada SK SNI '91 sebagai berikut :

- ☐ Kuat perlu yang menahan beban mati  $D$  dan beban hidup  $L$  paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

- ☐ Bila ketahanan struktur terhadap gempa harus diperhitungkan pada perancangan, maka nilai *ultimate* diambil sebesar :

$$U = 1,05 ( D + L_r + 2E )$$

Dari kombinasi pembebanan tersebut akan diperoleh gaya-gaya dalam setiap elemen, dimana besar gaya yang dipakai adalah harga maksimum dari hasil kombinasi pembebanan di atas.

#### 6.4. PERMODELAN STRUKTUR

Sistem struktur dimodelkan sebagai *open frame* dengan perletakan jepit pada dasar kolomnya.

Lantai dimodelkan sebagai *rigid floor diaphragma*, sehingga gaya lateral yang berasal dari beban gempa dapat disalurkan ke komponen struktur penahan lateral.



Seluruh *joint* dalam satu bidang lantai dianggap tidak dapat bergerak relatif satu terhadap yang lainnya, tetapi *displacement* dari *joint-joint* tersebut tergantung dari *displacement* dari *master of joint*. Lokasi *master of joint* ini diletakkan pada pusat massa suatu taraf lantai.

## 6.5. ANALISA STRUKTUR

Setelah memodelkan struktur utama, maka langkah selanjutnya dilakukan analisa struktur terhadap beban-beban gravitasi dan lateral.

Analisa struktur yang dilakukan pada perencanaan ini memakai cara elastis dengan metode elemen hingga.

Sebelum melakukan analisa struktur, terlebih dahulu harus dilakukan *preliminary design* dari konstruksi struktur utama, yaitu balok utama dan kolom. Juga harus diketahui sifat-sifat bahan untuk menentukan kekakuan tiap elemen. Kemudian dilakukan analisa statis dan dinamis yang secara garis besar akan diuraikan berikut ini.

### 6.5.1. Analisa Statis

Pada analisa statis ini beban yang diperhitungkan adalah berupa :

1. Beban gravitasi (beban mati + beban hidup)
2. Beban akibat gaya *jacking* dari kabel *prestress*.

### 6.5.2. Analisa Dinamis

Pembebanan yang ditinjau dalam analisa ini adalah pembebanan berupa beban gempa dalam arah lateral.



Metode yang dipakai dalam analisa dinamis perencanaan gedung ini adalah *Respon Spektrum Analisa*. Untuk struktur ini dipakai spektrum percepatan respon gempa rencana menurut diagram koefisien gempa dasar C untuk wilayah zone gempa 4 dengan struktur yang berdiri diatas tanah lunak.

Harga C yang diperoleh adalah harga tanpa dimensi, jadi respon masing-masing ragam yang ditentukan tersebut adalah respon relatif. Oleh karena itu dipergunakan faktor skala  $s = 9,81 \text{ m/dt}^2$  dengan koefisien peredam sebesar 5%.

Dalam metode ini tingkah laku dinamis elemen struktur diwakili oleh beberapa titik yang dinamakan *master of joint*. *Degree of freedom* dari *joint* ini didefinisikan dengan *restraints* :

$$R = 0,0,1,1,1,0$$

Hal ini berarti bahwa titik-titik pada satu taraf lantai yang sama akan mengikuti gerakan-gerakan *master of joint* tersebut.

## 6.6. INPUT DATA SAP 90

*File input* data SAP 90 terdiri dari beberapa blok data. Blok data tersebut berisi informasi-informasi mengenai konfigurasi dan bentuk struktur yang akan dianalisa serta jenis dan bentuk pembebanannya, baik beban statis maupun beban dinamis.

SAP 90 sendiri memiliki 19 jenis blok data yang dapat dipergunakan untuk mendefinisikan bentuk dan karakteristik elemen struktur. Blok data tersebut terdiri dari 4 blok data utama struktur dan 16 blok data karakteristik struktur.



Dalam perencanaan gedung ini dibutuhkan 11 macam blok data. Tetapi untuk analisa struktur utama ini hanya dipakai 10 blok data. Blok data tersebut antara lain :

- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| 1. <i>Title line</i> | 6. <i>Frame</i>     |
| 2. <i>System</i>     | 7. <i>Loads</i>     |
| 3. <i>Joints</i>     | 8. <i>Prestress</i> |
| 4. <i>Restraints</i> | 9. <i>Spec</i>      |
| 5. <i>Masses</i>     | 10. <i>Combo</i>    |

Berikut uraian singkat mengenai blok data yang akan dipergunakan untuk perhitungan struktur utama.

#### 6.6.1. *Title Line*

Blok data ini merupakan identitas *input* dan *output* perhitungan yang dilakukan oleh SAP 90.

#### 6.6.2. *System*

Blok data ini menjelaskan tentang kontrol informasi yang berhubungan dengan struktur yang akan dianalisa. Kontrol informasi yang dipakai adalah :

L = menyatakan jumlah *loads condition*

V = menyatakan jumlah *eigenvalue*

V yang merupakan jumlah *eigenvalue* bertujuan untuk menunjukkan jumlah dari *mode shape* yang dihitung pada analisa *eigenvalue* dan kemudian dimasukkan ke analisa ragam spektrum. Pada struktur gedung ini jumlah V diambil sebesar 7 buah.

Jadi nantinya akibat gempa (beban lateral) ini kita akan mendapatkan 7 buah



*mode shape* yang berbeda. Adapun dasar dari pengambilan jumlah *eigenvalue* sebesar 7 buah ini adalah PPTGIUG '83, ayat 2.5.2.1 yang menyatakan bahwa untuk analisa ragam spektrum respon dari struktur-struktur gedung dengan bentuk yang tidak beraturan jumlah ragam yang ditinjau tidak kurang dari 5, tetapi sebagai pedoman, jumlah ragam spektrum respons yang ditinjau tidak perlu lebih dari tingkatnya.

Toleransi konvergen dari *eigenvalue*  $T = 0.001$

#### 6.6.3. Joints

Memuat informasi letak titik-titik pada struktur dalam sumbu-sumbu global x, y dan z.

#### 6.6.4. Restraints

Memuat informasi mengenai derajat kebebasan / *DOF* tiap-tiap *joints* apakah dilepas atau dikekang.

- Perletakan  $R = 1,1,1,1,1,1$
- *Dependent joints*  $R = 1,1,0,0,0,1$
- *Master joints*  $R = 0,0,1,1,1,0$

#### 6.6.5. Masses

Pada bagian data blok ini akan didefinisikan lokasi harga massa *joint* dan beberapa harga yang berhubungan dengan data blok ini.



Pada bagian data ini terdiri dari beberapa baris yang mendefinisikan seluruh derajat kebebasan yang memiliki beban massa dalam struktur yang akan dianalisa.

Untuk mengakhiri pengisian data ini, diberi satu baris kosong (*blank*).

Bentuk penulisan tiap baris data adalah mengikuti aturan sbb:

$$j_1 \quad j_2 \quad inc \quad M = m_x, m_y, m_z, m_{rx}, m_{ry}, m_{rz}$$

dimana :

$j_1$  = nomor joint pertama

$j_2$  = nomor joint terakhir

$inc$  = penambahan nomor joint

$m_x$  = massa untuk translasi arah sumbu X

$m_y$  = massa untuk translasi arah sumbu Y

$m_z$  = massa untuk translasi arah sumbu Z

$m_{rx}$  = momen inersia massa terhadap sumbu X

$m_{ry}$  = momen inersia massa terhadap sumbu Y

$m_{rz}$  = momen inersia massa terhadap sumbu Z

#### 6.6.6. Frame

Bagian data ini mendefinisikan segala hal yang berhubungan dengan elemen balok (*beam*) tiga dimensi pada struktur yang dianalisa, baik tentang lokasi, *property* dan beban yang bekerja padanya.

Bentuk penulisan *data blok frame* adalah sebagai berikut :

$$NM = npro \quad NL = nbsl \quad NSEC = nsec$$



$$X = x_1, x_2, \dots, x_{nld}$$

$$Y = y_1, y_2, \dots, y_{nld}$$

$$P = P_1, P_2, \dots, P_{nld}$$

dimana :

npro = jumlah seluruh *property* dari elemen yang ikut menyusun struktur.

nbls = jumlah dari bentuk bentangan beban.

$x_1, x_2 \dots$  = pengali beban gravitasi, arah sumbu - X

$y_1, y_2 \dots$  = pengali beban gravitasi, arah sumbu - Y

$z_1, z_2 \dots$  = pengali beban gravitasi, arah sumbu - Z

$pr_1, pr_2$  = pengali beban *prestress*

nsec = jumlah dari gaya-gaya *output*

### 6.6.7. Loads

Bagian data blok ini mendefinisikan pembebanan pada *joint* untuk sejumlah nld kondisi pembebanan.

Bentuk penulisan *data blok loads* adalah mengikuti aturan sbb:

$$j_1 \quad j_2 \quad inc \quad L=1 \quad F = f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z$$

dimana :

$j_1$  = nomor joint pertama

$j_2$  = nomor joint terakhir

inc = penambahan nomor joint

l = nomor kondisi pembebanan



- $f_x$  = gaya yang bekerja pada arah sumbu -X global  
 $f_y$  = gaya yang bekerja pada arah sumbu -Y global  
 $f_z$  = gaya yang bekerja pada arah sumbu -Z global  
 $m_x$  = momen yang bekerja terhadap sumbu -X global  
 $m_y$  = momen yang bekerja terhadap sumbu -Y global  
 $m_z$  = momen yang bekerja terhadap sumbu -Z global

#### 6.6.8. Prestress

Data blok ini digunakan untuk mendefinisikan beban, yang ditimbulkan oleh *prestressing cables* yang mempunyai geometri tertentu (parabola). Penambahan beban ini juga harus telah didefinisikan pada *data blok frame*, yaitu dengan memberi harga pengali beban *prestress* tidak sama dengan nol.

Bentuk penulisan tiap baris data mengikuti aturan sebagai berikut :

$nb_1 \quad nb_2 \quad ninc \quad D = d_i, d_c, d_j \quad T = t$

dimana :

- $nb_1$  = nomor joint pertama  
 $nb_2$  = nomor joint terakhir  
 $ninc$  = penambahan nomor joint  
 $d_i$  = *draped cable* pada titik i  
 $d_c$  = *draped cable* pada center  
 $d_j$  = *draped cable* pada titik j  
 $t$  = gaya tarik pada *prestress*





### 6.6.9. Spec

Bagian data blok ini digunakan untuk mendefinisikan data yang berhubungan dengan analisa dinamis yaitu dengan memakai *response spectrum*. Dimana data blok ini hanya dapat digunakan apabila harga *nfg* atau *nritz* telah didefinisikan pada data blok *system*. Bentuk penulisan tiap baris data ini adalah mengikuti aturan sebagai berikut :

$$A=a \quad S=s \quad D=d$$

$$tp \quad s_1 \quad s_2 \quad s_z$$

dimana :

*a* = sudut eksitasi, derajat

*s* = faktor skala *respon spectrum*

*d* = damping ratio struktur

*tp* = periode waktu

*s<sub>1</sub>* = harga *spectrum* pada *tp* untuk *spectrum* arah sumbu-1 lokal

*s<sub>2</sub>* = harga *spectrum* pada *tp* untuk *spectrum* arah sumbu-2 lokal

*s<sub>z</sub>* = harga *spectrum* pada *tp* untuk *spectrum* arah sumbu -z lokal

### 6.6.10. Combo

Bagian data blok ini digunakan dalam mendefinisikan kombinasi pembebanan untuk perpindahan dan reaksi pada *joint* untuk gaya (atau tegangan) pada elemen. Kombinasi pembebanan didefinisikan sebagai kombinasi linear dari sejumlah *nld* kondisi pembebanan statis dan dapat dengan kondisi pembebanan dinamis *respon spectrum* yang ada.



## **BAB TUJUH**

---

### **PERENCANAAN BALOK INDUK**

---

Bab ini membahas tentang perencanaan penulangan balok induk selengkapnya, yang meliputi perencanaan penulangan lentur, geser, torsi, kontrol lendutan, kontrol retak dan perhitungan panjang penyaluran dengan ketentuan tingkat daktilitas dua

#### **7.1. PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK**

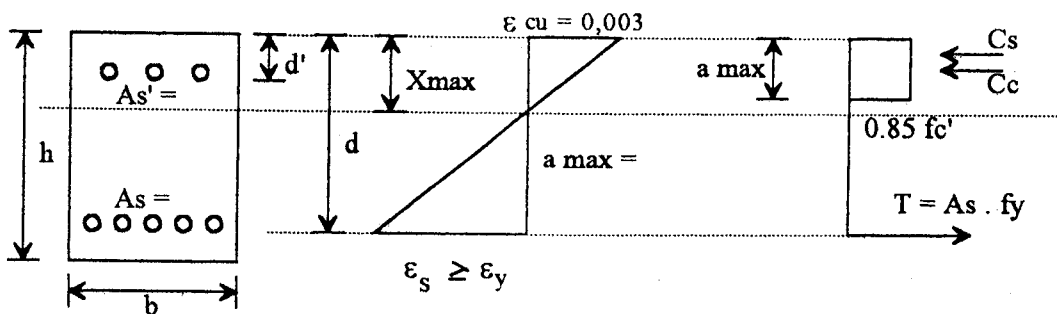
Prinsip perhitungan untuk penulangan balok induk adalah sama dengan penulangan lentur balok anak, hanya pada penulangan lentur balok induk banyak dijumpai momen yang berbalik arah akibat gempa. Jadi momen pada tumpuan bisa berharga negatif (akibat beban grafitasi) maupun positif (akibat beban gempa yang cukup besar), sehingga penulangannya berdasarkan masing-masing arah momen yang terjadi.



Untuk kondisi pembebanan seperti ini, maka secara praktis perhitungan penulangan yang dipakai adalah tulangan tunggal. Tulangan tekan otomatis akan terpasang pada kondisi momen yang berbalik arah, sedangkan untuk momen tunggal, ada dua kondisi sistem penulangan :

1. Apabila  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$  , maka tulangan tekan hanya dipasang praktis saja.
2. Apabila  $\rho_{\text{perlu}} \geq \rho_{\text{max}}$  , maka tulangan tekan dibutuhkan untuk menambah kekuatan.

#### □ Balok Persegi Dengan Tulangan Ganda



GAMBAR 7.1. PENAMPANG PERSEGI DENGAN TULANGAN RANGKAP

Langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Hitung  $d$  dan  $d'$

$$d = h - d_c - \varnothing_{\text{sengkang}} - \varnothing_{\text{tulangan utama}} / 2$$

$$d' = d_c + \varnothing_{\text{sengkang}} + \varnothing_{\text{tulangan utama}} / 2$$

2. Hitung  $R_n$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$



3. Hitung  $\rho_{\text{perlu}}$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

4. Cek terhadap  $\rho_{\text{max}}$

bila :  $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$  ..... (perlu tulangan tekan !)

5. Hitung  $x_b$ ,  $x_{\text{max}}$ ,  $a_{\text{max}}$

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} * d$$

$$x_{\text{max}} = 0,75 \cdot x_b$$

$$a_{\text{max}} = 0,85 \cdot x_{\text{max}}$$

6. Hitung  $Cc_{\text{max}}$ ,  $Mn_{\text{max}}$

$$Cc_{\text{max}} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a_{\text{max}} \cdot b$$

$$Mn_{\text{max}} = Cc_{\text{max}} (d - a_{\text{max}}/2)$$

7. Hitung momen sisa yang harus dipikul oleh tulangan tekan

$$Mn_{\text{sisa}} = Mn_{\text{perlu}} - Mn_{\text{max}}$$

8. Hitung gaya harus ditahan tulangan tekan akibat momen sisa tersebut

$$Cs_{\text{perlu}} = \frac{Mn_s}{d - d'}$$

9. Periksa keadaan tulangan tekan leleh

$$\epsilon_s' = \frac{x_{\text{max}} - d'}{x_{\text{max}}} 0,003 \geq \epsilon_y \quad \dots \quad \epsilon_y = f_y/E_s$$



10. Hitung luas tulangan tekan dan tarik sesuai keadaan tulangan tekan diatas

a. Tulangan tekan leleh :

$$A_s' = \frac{C_s \text{ perlu}}{f_y - 0,85f_c'}$$

$$A_s = \frac{C_c \text{ max}}{f_y} + A_s'$$

b. Tulangan tekan belum leleh :

$$A_s' = \frac{C_s \text{ perlu}}{f_s' - 0,85 f_c'} \quad \dots \quad f_s' = E_s \cdot \epsilon_s'$$

$$A_s = \frac{C_c \text{ max}}{f_y} + A_s' \frac{f_s'}{f_y}$$

Buku referensi yang digunakan pada bab ini adalah diktat "*Reinforced Concrete Design*" oleh Charles G. Salmon dan Chu Kia Wang.

#### ☐ Contoh Perhitungan

Contoh perhitungan penulangan lentur diambil balok induk As. 3 tipe (In.1-1) :

- Ukuran balok = 40 x 70
- Mutu beton (  $f_c'$  ) = 29,2 MPa
- Mutu baja (  $f_y$  ) = 320 MPa
- $\rho_{\max}$  = 0,03225
- $\rho_{\min}$  = 0,004375
- Decking = 4 cm
- Sengkang = Ø 12
- Tulangan utama = D.25



**a. Penulangan pada tumpuan kiri**

$$- Mu - = -6,280 E8 \text{ Nmm}$$

$$- Mu + = 5,137 E8 \text{ Nmm}$$

$$- d = 700 - 40 - 12 - 0,5 \cdot 25 = 635,5 \text{ mm}$$

♦ Tulangan atas (momen negatif)

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{6,283E8}{0,8 \times 400 \times 635,5^2} = 4,859$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{320}{0,85 \times 29,2} = 12,893$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,893} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,893 \times 4,859}{320}} \right)$$

$$= 0,0171 < \rho_{\text{max}} = 0,03225$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0186 \times 40 \times 63,55$$

$$= 43,372 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 10 D.25 (  $A_s = 49,10 \text{ cm}^2$  )

♦ Tulangan bawah (momen positif)

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{5,137 E8}{0,8 \times 400 \times 635,5^2} = 3,975$$

$$m = 12,893$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$



$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12,893} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,893 \times 3,975}{320}} \right)$$

$$= 0,0136 < \rho_{\text{max}} = 0,03225$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0136 \times 40 \times 63,55$$

$$= 34,614 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 8 D.25 (  $A_s = 39,28 \text{ cm}^2$  )

**b. Penulangan pada lapangan**

$$M_u = 4,178\text{E}8 \text{ Nmm}$$

$$d = 635,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{4,178\text{E}8}{0,8 \cdot 2000 \cdot 635,5^2} = 0,647$$

$$m = 12,893$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,893} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,893 \cdot 0,647}{320}} \right)$$

$$= 0,002 < \rho_{\text{min}} = 0,004375$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,004375 \times 200 \times 63,55$$

$$= 57,127 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 12 D.25 (  $A_s = 58,92 \text{ cm}^2$  )

**c. Penulangan pada tumpuan kanan**

$$- M_u - = -6,541\text{E}8 \text{ Nmm}$$

$$- M_u + = 5,022\text{E}8 \text{ Nmm} \quad - d = 635,5 \text{ mm}$$



♦ Tulangan atas (momen negatif)

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{6,541E8}{0,8 \cdot 400 \cdot 635,5^2} = 5,061$$

$$m = 12,893$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12,893} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,893 \cdot 5,061}{320}} \right)$$

$$= 0,0179 < \rho_{\text{max}} = 0,03225$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0216 \times 40 \times 63,55$$

$$= 45,297 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 10 D.25 (  $A_s = 49,10 \text{ cm}^2$  )

♦ Tulangan bawah (momen positif)

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{5,022E8}{0,8 \cdot 400 \cdot 635,5^2} = 3,886$$

$$m = 12,893$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12,893} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,893 \cdot 3,886}{320}} \right)$$

$$= 0,0133 < \rho_{\text{max}} = 0,03225$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0133 \times 40 \times 63,55$$

$$= 33,809 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 7 D.25 (  $A_s = 34,37 \text{ cm}^2$  )

Catatan: Semua tulangan di atas, nantinya akan ditambah dengan tulangan torsi.

Selanjutnya untuk penulangan lentur balok induk dapat dilihat pada Lampiran C.





## 7.2. Penulangan Geser - Torsi Balok Induk

Penampang persegi yang mengalami kombinasi dari geser, lentur, dan torsi harus diperhitungkan terhadap model keruntuhan suatu komponen struktur oleh puntiran.

Torsi yang terjadi pada suatu komponen struktur bisa dibedakan menjadi dua macam :

1. Torsi statis tertentu (Torsi keseimbangan)

Torsi ditentukan dari statika saja sedangkan pengaruh kekuatan struktur tidak diperhitungkan.

2. Torsi statis tak tentu (Torsi kompatibilitas)

Torsi yang harus dipikul tergantung dari pengaruh kekakuan komponen struktur dan komponen lain yang berhubungan dengannya.

Untuk torsi kompatibilitas, apabila terjadi pengurangan dari momen torsi akibat redistribusi gaya-gaya dalam, maka momen torsi terfaktor maksimum dapat direduksi menjadi

$$T_u = \phi \left[ \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{9} \right) \frac{\sum x^2 \cdot y}{3} \right] \dots\dots\dots (\text{SK SNI '91, Ayat 3.4.6 butir 3})$$

Di dalam perhitungan penulangan geser dan torsi ini, dianggap bahwa torsi yang terjadi adalah torsi kompatibilitas karena struktur adalah statis tak tentu sehingga pengaruh kekakuan dari unsur-unsur lain yang mempengaruhinya harus diperhitungkan.

Pada perencanaan struktur dengan daktilitas dua, harus diperhatikan daerah ujung yang memiliki potensi menjadi sendi plastis. Dalam SK SNI '91, Ayat 3.14.9 butir



3 sub butir 3.a, daerah ujung untuk balok adalah daerah yang diukur dari muka kolom sebesar tinggi total balok (h) yang harus dicegah keruntuhan tiba-tiba akibat geser pada waktu terbentuk sendi plastis.

Oleh karena itu, kekuatan geser nominal yang dipikul oleh beton harus diambil  $1/2$  kalinya atau  $1/2 \cdot \phi \cdot V_c$  (SK SNI '91, Ayat 3.14.9 butir 10 sub butir 1)

Langkah-langkah perhitungan penulangan geser dan torsi adalah sbb :

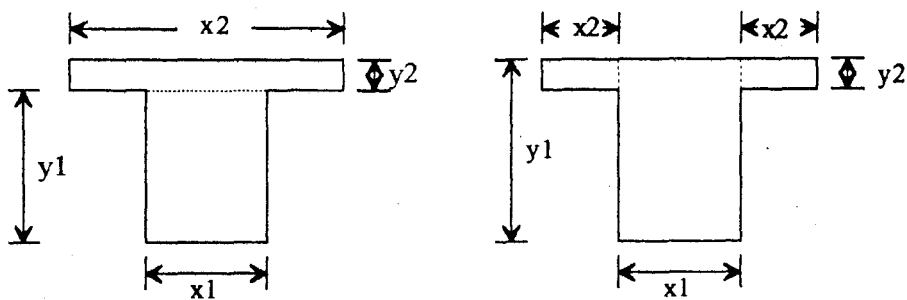
1. Hitung batas torsi (  $T_u$  ) yang tidak memerlukan tulangan torsi (khusus untuk torsi keseimbangan)

$$\text{Batas } T_u = \phi \left[ \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{20} \right) \cdot \Sigma x^2 y \right] \dots\dots\dots (\text{SK SNI '91, Ayat 3.4.6 butir 1})$$

Dimana :

$$\phi = 0,6$$

$\Sigma x^2 y$  = dipilih terbesar dari kedua keadaan berikut ini



GAMBAR 7.5

$$\Sigma x^2 \cdot y = x_1^2 \cdot y_1 + x_2^2 \cdot y_2$$

$$\Sigma x^2 \cdot y = x_1^2 \cdot y_1 + 2 \cdot x_2^2 \cdot y_2$$



2. Hitung kuat nominal torsi yang mampu dipikul beton

$$\phi.T_c = \frac{\phi \cdot 1/15 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \sum x^2 \cdot y}{\sqrt{1 + \left[ \frac{0,4 \cdot V_u}{C_t \cdot T_u} \right]^2}} \left[ 1 + 0,3 \cdot \frac{N_u}{A_g} \right]$$

dimana :  $C_t = \frac{b_w \cdot d}{\sum x^2 y}$        $N_u < 1$  ..... tarik

$N_u = 0$  ..... tekan

Jika  $T_u < \phi.T_c$  ..... pakai tulangan torsi minimum.

Jika  $T_u > \phi.T_c$  ..... hitung tulangan torsi

Jika  $T_u > 5.\phi.T_c$  ..... penampang harus diperbesar

3. Hitung tulangan torsi yang dibutuhkan

$$\phi.T_s = T_u - \phi.T_c$$

4. Hitung tulangan transversal torsi

$$\frac{A_t}{s} = \frac{\phi \cdot T_s}{\phi \cdot \alpha_1 \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot f_y}$$

dimana :

$$x_1 = b - 2 (\text{decking} + 1/2 \text{ dia sengkang})$$

$$y_1 = h - 2 (\text{decking} + 1/2 \text{ dia sengkang})$$

$$\alpha_1 = 1/3 \left( 2 + \frac{y_1}{x_1} \right) \leq 1,5$$

$$A_t = \text{luas satu kaki sengkang.}$$



5. Hitung kuat nominal geser yang mampu dipikul beton

$$\phi \cdot V_c = 1/2 \frac{\phi \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d}{\sqrt{1 + \left[ 2,5 \cdot C_t \cdot \frac{T_u}{V_u} \right]^2}} \left[ 1 + 0,3 \frac{N_u}{A_g} \right]$$

6. Hitung tulangan geser yang diperlukan

$$\frac{A_v}{s} = \frac{\phi \cdot V_s}{\phi \cdot f_y \cdot d} \dots\dots\dots \phi V_s = V_u + \phi V_c$$

7. Hitung tulangan total sengkang gabungan torsi dan geser

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + \frac{2 \cdot A_t}{s} \dots\dots\dots \min \frac{A_{vt}}{s} = \frac{b_w}{3 \cdot f_y}$$

8. Kontrol spasi maksimum tulangan transversal total

$$s_{\max} = \frac{(x_1 + y_1)}{4} \leq 300 \text{ mm}$$

9. Hitung tulangan longitudinal yang diperlukan dan aturlah pemasangannya.

$$A_{l_1} = 2 \cdot A_t / s \cdot (x_1 + y_1)$$

$$A_{l_2} = \left[ \frac{2,8 \cdot s}{f_y} \left( \frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3 \cdot C_t}} \right) - 2 \cdot A_t \right] \left( \frac{x_1 + y_1}{s} \right)$$

Al diambil yang terbesar dan tidak perlu melebihi :

$$A_l = \left[ \frac{2,8 \cdot x \cdot s}{f_y} \left( \frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3 \cdot C_t}} \right) - \frac{b_w \cdot s}{3 f_y} \right] \left( \frac{x_1 + y_1}{s} \right)$$



Tulangan Al harus dipasang dengan jarak  $\leq 30$  cm sehingga tulangan Al disebarkan pada 4 bagian yaitu : atas,  $1/3h$ ,  $2/3h$ , dan bawah masing-masing sebesar  $1/4A_l$ .

### Contoh perhitungan

Contoh perhitungan penulangan geser dan torsi diambil balok induk As. 3 tipe (In. 1-1) :

- Ukuran balok = 40 x 70 cm
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 29,2 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 320 MPa
- $\rho_{\max}$  = 0,03225
- $\rho_{\min}$  = 0,00438
- *Decking* = 4 cm
- Sengkang =  $\varnothing 12$
- Tulangan utama = D.25

### Penulangan pada daerah ujung kiri ( tumpuan kiri )

$$\begin{aligned} - V_u &= 314800 \text{ kg} = 3,148\text{E}5 \text{ N} \\ - T_u &= \phi \cdot (\sqrt{f_c'} / 9) \Sigma x^2 \cdot y / 3 \dots\dots\dots (T_u \text{ kompabilitas}) \\ &= 0,6 \cdot (\sqrt{29,2} / 27) \cdot 5,728\text{E}8 \\ &= 6,878\text{E}7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



dimana:

$$\begin{aligned}
 - \text{Batas Torsi} &= \phi \cdot \left( \sqrt{f_c'} / 20 \cdot \Sigma x^2 y \right) \\
 &= 0,6 \cdot \left( \sqrt{29,2} / 20 \right) \cdot 5,728E8 \\
 &= 9,286E7 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

(Untuk  $T_u$  kompabilitas, batas  $T_u$  tidak boleh dipakai sebagai patokan,  $T_u$  kompabilitas tetap dipakai walaupun nilainya  $<$  Batas  $T_u$ )

☐ Kuat Nominal torsi yang mampu dipikul beton

$$\phi \cdot T_c = \frac{\phi \cdot 1/15 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \Sigma x^2 y}{\sqrt{1 + \left[ \frac{0,4 \cdot V_u}{C_t \cdot T_u} \right]^2}} \cdot \left[ 1 + 0,3 \cdot \frac{N_u}{A_g} \right]$$

dimana :

$$C_t = \frac{b_w \cdot d}{\Sigma x^2 y} = \frac{400 \cdot 635,5}{5,728E8} = 0,000444 \text{ mm}^{-1}$$

$$\phi T_c = \frac{0,6/15 \cdot \sqrt{29,2} \cdot 5,728E8}{\sqrt{1 + \left[ \frac{0,4 \cdot 3,148E5}{0,000444 \cdot 6,878E7} \right]^2}} = 2,915E7$$

$$\begin{aligned}
 \phi T_s &= T_u - \phi T_c = (6,878 - 2,915) E7 \\
 &= 3,963E7 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

☐ Hitung tulangan transversal ( $A_t$ )

$$\frac{A_t}{s} = \frac{\phi T_s}{\phi \cdot \alpha_t \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot f_y}$$

$$x_1 = 400 - 2 \cdot (40 + 6) = 308$$

$$y_2 = 700 - 2 \cdot (40 + 6) = 608$$



$$\alpha_t = 1/3 (2 + y_1/x_1)$$

$$= 1/3 \cdot (2 + 608/308) = 1,325 < 1,5 \dots\dots\dots \text{Ok}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{3,963E7}{0,6 \cdot 1,325 \cdot 308 \cdot 608 \cdot 320}$$

$$= 0,832 \text{ mm}^2/\text{mm} = 0,0832 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

☐ Kuat Nominal geser yang mampu dipikul beton

$$\phi \cdot V_c = 1/2 \frac{\phi \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d}{\sqrt{1 + \left[ 2,5 C_t \frac{T_u}{V_u} \right]^2}} \left[ 1 + 0,3 \frac{N_u}{A_s} \right]$$

$$= 1/2 \frac{0,6/6 \cdot \sqrt{29,2} \cdot 400 \cdot 635,5}{\sqrt{1 + \left[ 2,5 \cdot 0,000444 \frac{6,878E7}{3,148E5} \right]^2}} = 66746,205 \text{ N}$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 3,148E5 - 66746,205 = 248053,795 \text{ N}$$

☐ Hitung tulangan geser ( $A_v$ )

$$\frac{A_v}{s} = \frac{\phi \cdot V_s}{\phi \cdot f_y \cdot d} = \frac{248053,795}{0,6 \cdot 320 \cdot 635,5}$$

$$= 2,033 \text{ mm}^2/\text{mm} = 0,2033 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

☐ Hitung tulangan transversal total yang dibutuhkan

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + \frac{2 \cdot A_t}{s} = 0,2033 + 2 \cdot 0,0832$$

$$= 0,3697 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

Dipakai sengkang Ø 12 .....  $A_{vt}$  ada = luas dua kaki  
= 2,26 cm<sup>2</sup>



Jarak sengkang

$$s = 2,26/0,3697 = 6,113 = 6 \text{ cm}$$

Dipasang sengkang tertutup  $\varnothing 12 - 6 \text{ cm}$

$$\text{Kontrol } s_{\max} = \frac{(x1 + y1)}{4} = \frac{(30,8 + 60,8)}{4} = 22,9 > s \dots\dots\dots (\text{Ok})$$

☐ Hitung tulangan memanjang torsi

$$\begin{aligned} Al_1 &= 2 \cdot \frac{A_t}{s} (x1 + y1) \\ &= 2 \cdot 0,0832 (30,8 + 60,8) \\ &= 15,242 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Al_2 &= \left[ \frac{2,8 \cdot x \cdot s}{f_y} \left[ \frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3 \cdot C_t}} \right] - 2 A_t \right] \left[ \frac{x1 + y1}{s} \right] \\ &= \left[ \frac{2,8 \cdot 400 \cdot 60}{320} \left[ \frac{6,878E7}{6,878E7 + \frac{3,148E5}{3 \cdot 0,000444}} \right] - 2 \cdot 0,832 \cdot 60 \right] \left[ \frac{308 + 608}{60} \right] \\ &= -801,520 \text{ mm}^2 = -8,015 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Al dipilih yang terbesar, tetapi  $Al_2$  tidak perlu lebih besar dari :

$$\begin{aligned} Al &= \left[ \frac{2,8 \cdot x \cdot s}{f_y} \left[ \frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3 \cdot C_t}} \right] - \frac{b_w \cdot s}{3 f_y} \right] \left[ \frac{x1 + y1}{s} \right] \\ &= \left[ \frac{2,8 \cdot 400 \cdot 60}{320} \left[ \frac{6,878E7}{6,878E7 + \frac{3,148E5}{3 \cdot 0,000444}} \right] - \frac{400 \cdot 60}{3 \cdot 320} \right] \left[ \frac{308 + 608}{60} \right] \\ &= 341,037 \text{ mm}^2 = 3,411 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$





$$\text{Jadi } A_l \text{ perlu} = 15,242 \text{ cm}^2$$

Tulangan torsi longitudinal  $A_l$  disebarkan pada 4 bagian balok (sisi atas, 2 x sisi tengah, sisi bawah) sebesar  $1/4 A_l = 3,811 \text{ cm}^2$ , kemudian ditambahkan pada penulangan lentur balok induk seperti diatas.

#### Disain akhir balok induk pada tumpuan kiri

##### ☐ Tulangan atas

$$\begin{aligned} A_s \text{ total} &= A_s \text{ lentur} + 1/4 A_l \\ &= 47,364 + 3,811 = 51,175 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

dipasang tulangan 11 D.25 ( $A_s \text{ ada} = 54,01 \text{ cm}^2$ )

##### ☐ Tulangan tengah

$$A_s \text{ perlu} = 1/2 A_l = 2 \cdot 3,811 = 7,621 \text{ cm}^2$$

dipasang tulangan 2 D.25 ( $A_s \text{ ada} = 9,82 \text{ cm}^2$ )

##### ☐ Tulangan bawah

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s \text{ lentur} + 1/4 A_l \\ &= 34,614 + 3,811 = 38,425 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

dipasang tulangan 8 D.25 ( $A_s \text{ ada} = 39,28 \text{ cm}^2$ )

Selanjutnya untuk penulangan geser dan torsi pada balok induk yang lain, dapat dilihat pada Lampiran C.



7.3. Kontrol Lendutan dan Retak

Kontrol lendutan dan kontrol retak pada balok induk adalah sama dengan kontrol lendutan dan retak pada balok anak.

☐ Kontrol Lendutan

SK SNI '91 menyatakan bahwa bila tinggi balok induk lebih besar dari pada tinggi minimum seperti yang disyaratkan dalam Tabel 3.2.5 (a), maka lendutan tidak perlu dihitung.

Tinggi balok induk diambil sebesar 70 cm ..... lebih besar dari tinggi minimum balok yang disyaratkan SK SNI '91, jadi lendutan tidak perlu dihitung.

☐ Kontrol Retak

SK SNI '91, Ayat 3.3.6 butir 4 menyebutkan bahwa apabila tegangan leleh rancang ( $f_y$ ) untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen negatif dan positif maksimum harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga nilai  $z$  yang diberikan oleh :

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} \dots\dots\dots (SK SNI '91, pers 3.3.4)$$

tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang didalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana  $f_s$  boleh diambil sebesar 60% dari kuat leleh yang disyaratkan ( $f_y$ ).

Dalam hal ini kontrol retak untuk balok induk adalah sama dengan kontrol retak untuk balok anak. (lihat Bab IV).

#### **7.4. Panjang Penyaluran Balok Induk**

Perhitungan panjang penyaluran balok induk adalah sama dengan perhitungan panjang penyaluran balok anak untuk tulangan D.25



## BAB DELAPAN

---

# PERENCANAAN KOLOM DAN DINDING GESER

---

### 8.1. PERENCANAAN KOLOM

Perencanaan kolom ini meliputi penulangan lentur kolom, kontrol terhadap *biaksial bending* kolom, penulangan geser kolom serta perencanaan pertemuan balok dan kolom.

#### 8.1.1. Dasar Teori

Suatu komponen struktur yang menerima momen lentur dan aksial tekan secara serentak harus diperhitungkan sebagai *beam column* dengan mempertimbangkan pengaruh tekuk yang terjadi akibat kelangsingan komponen struktur tersebut.

Dengan adanya faktor tekuk akibat pengaruh kelangsingan ini, pada komponen struktur tekan dan lentur akan terjadi momen tambahan sebesar  $M_o = P \cdot \Delta$ , sehingga untuk suatu komponen struktur tekan dan lentur langsing, momen-momen



pada ujung kolom harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran yang akan diuraikan pada ayat-ayat di bawah ini.

#### 8.1.1.1. Panjang tekuk kolom

Penulangan lentur dan beban aksial untuk kolom harus ditinjau dari kombinasi beban yang menentukan hasil dari analisa struktur yang didapat dari bab sebelumnya. Dalam perhitungan, terdapat perbedaan antara kolom pendek dan kolom panjang.

Dalam perencanaan gedung ini kolom direncanakan sebagai kolom dengan pengaku (*braced frame*) karena adanya dinding geser sebagai pengekang adanya goyangan ke samping dari struktur.

Panjang tekuk kolom adalah panjang bersih kolom antara pelat lantai atau balok di ujung-ujungnya yang dikalikan dengan suatu faktor tekuk ( $k$ ) yang besarnya:

$k \geq 1$  untuk kolom tanpa pengaku samping (*unbraced*)

$k \leq 1$  untuk kolom dengan pengaku samping (*braced*)

Faktor tekuk ( $k$ ) merupakan fungsi dari tingkat penjepitan ujung atas ( $\psi_A$ ) dan tingkat penjepitan ujung bawah ( $\psi_B$ ), dimana tingkat penjepitan ujung kolom tersebut diperoleh dengan persamaan :

$$\psi = \frac{\sum EI / Lu \text{ kolom}}{\sum EI / Lu \text{ balok}}$$

Sesuai dengan SK SNI '91, ayat 3.3.11 butir 2 sub butir 1, faktor panjang efektif ( $k$ ) harus diambil sama dengan 1. Atau dapat dicari dengan menggunakan grafik



*alignment*. Grafik ini diperlihatkan pada Lampiran C. Dengan menarik garis lurus yang menghubungkan nilai-nilai  $\psi_A$  dan  $\psi_B$ , maka akan diperoleh harga ( $k$ ).

#### 8.1.1.2. Pembatasan penulangan kolom

SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.3.9 butir 1 menyebutkan bahwa rasio penulangan kolom disyaratkan agar tidak kurang dari 1% dan tidak lebih dari 8% dari luas bruto penampang kolom ( $0,01 \leq \rho \leq 0,08$ ).

Untuk mencari rasio tulangan lentur dipakai diagram interaksi M-N non dimensi dari ACI (*American Concrete Institute*). Diagram interaksi tersebut dibuat berdasarkan mutu beton dan mutu baja yang sudah ditentukan, lihat Lampiran C.

Untuk struktur yang dirancang dengan daktilitas dua maka SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.14.9 butir 5 sub butir 1 membatasi rasio tulangan tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak boleh lebih dari 0,06 dan 0,08 pada daerah sambungan. Pembatasan rasio tulangan minimum ini ditujukan untuk mencegah terjadinya retak akibat rangkai (*creep*) yang terjadi pada beton, sedangkan pembatasan rasio tulangan maksimum didasarkan atas pertimbangan kesulitan pemasangan di lapangan.

Jumlah minimum batang tulangan memanjang kolom adalah 4 buah untuk kolom dengan sengkang pengikat segi empat dan 6 buah untuk kolom dengan pengikat spiral.

#### 8.1.1.3. Kolom pendek

Suatu unsur tekan dikatakan pendek, yaitu apabila unsur tersebut dibebani gaya aksial lebih besar dari kapasitasnya akan mengalami keruntuhan bahan



(runtuhnya beton) sebelum mencapai ragam keruntuhan tekuknya. Oleh sebab itu untuk perencanaan struktur tekan pendek, bahaya akibat tekuk tidak perlu diperhitungkan.

Hal tersebut di atas terpenuhi apabila apabila perbandingan kelangsingan yaitu perbandingan panjang tekuk kolom ( $k.L_u$ ) terhadap radius girasi ( $r$ ) :

$$\frac{k.L_u}{r} < 34 - 12 \cdot \frac{M_{1b}}{M_{2b}}, M_{2b} > M_{1b} \quad \dots\dots\dots (braced\ frame)$$

dimana :

- Nilai  $r$  dapat diambil sebesar  $\sqrt{\frac{I}{A}}$  atau
  - = 0.3  $h$  dalam arah momen yang ditinjau untuk kolom persegi, atau
  - = 0.25  $d$  untuk kolom bulat ( $d$  = diameter kolom)

Untuk kolom yang digolongkan sebagai kolom pendek, maka tidak akan timbul momen tambahan akibat lendutan kolom, sehingga pembesaran momen dapat diabaikan. Untuk golongan ini gaya-gaya yang dihasilkan dari perhitungan SAP 90 dapat langsung digunakan untuk merencanakan struktur.

#### 8.1.1.4. Kolom panjang

Apabila nilai perbandingan kelangsingan untuk kolom pendek di atas tidak terpenuhi, maka suatu komponen struktur tekan boleh dikatakan kolom panjang.

Kolom dengan perbandingan kelangsingan besar akan melendut ke samping (menekuk) sehingga timbul momen sekunder. Untuk itu dalam perhitungan kolom panjang diperlukan suatu faktor pembesaran momen yang harus diperhitungkan terhadap panjang tekuk kolom.



### 8.1.1.5. Faktor pembesaran momen untuk kolom panjang

Di dalam peraturan ACI, perhitungan dari pengaruh kelangsingan dapat didekati dengan menggunakan cara pembesaran momen, dimana jumlah dari momen primer dan sekunder dikalikan dengan suatu faktor pembesaran  $\delta$ .

SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.3.11 butir 5 menyebutkan bahwa apabila suatu kolom adalah kolom panjang, maka momen yang terjadi harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran menjadi :

$$M_c = \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s} \quad \dots\dots\dots (\text{SK SNI T-15-1991-03, pers 3.3-6})$$

dimana :

$$- \delta_b = \frac{C_m}{1 - P_u / \phi P_c} \geq 1 \quad \dots\dots\dots (\text{SK SNI T-15-1991-03, pers 3.3-7})$$

$$- \delta_s = \frac{C_m}{1 - \Sigma P_u / \phi \Sigma P_c} \geq 1 \quad \dots\dots (\text{SK SNI T-15-1991-03, pers 3.3-8})$$

$$- C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} > 0,4 \quad \dots\dots (\text{SK SNI T-15-1991-03, pers 3.3-12})$$

Nilai  $M_{1b}/M_{2b}$  negatif untuk momen *double curvature*.

Untuk *unbraced frame*  $C_m = 1$ .

$$- P_c = \frac{\pi^2 E I}{(k L_n)^2} \quad \dots\dots\dots (\text{SK SNI T-15-1991-03, pers 3.3-9})$$

$\Sigma P_u$  dan  $\Sigma P_c$  adalah penjumlahan dari semua kolom dalam satu tingkat.

$$- EI = \frac{0,2 E_c I_g + E_s I_s}{1 + \beta_d} \quad \dots\dots\dots (\text{SK SNI T-15-1991-03, pers 3.3-10})$$

$$= 0,3 E_c I_g \text{ (pendekatan)}$$

$$- \text{Untuk } \textit{braced frame}, M_c = \delta_b M_{2b}$$





Struktur menggunakan pengaku berupa dinding geser, sehingga perencanaan kolom menggunakan anggapan sebagai *braced frame*.

### 8.1.2. Prosedur Penulangan Lentur Kolom

Langkah-langkah untuk menghitung penulangan lentur kolom yang digunakan pada tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Jenis kolom adalah kolom *braced* karena terdapat dinding geser yang dapat dianggap mampu menahan ke arah lateral, diambil faktor tekuk ( $k$ ) = 1.
2. Tetapkan apakah kolom termasuk kolom pendek atau kolom panjang. Seperti telah dijelaskan di atas, bila termasuk kolom pendek maka tidak perlu dilakukan pembesaran momem, dan sebaliknya. Peninjauan kolom pendek atau kolom panjang dilakukan pada kedua arah sumbu global. Hal ini dilakukan sebagai langkah keamanan.
3. Momen yang telah diperoleh dari langkah 2, kemudian dihitung momen ekuivalensinya. Dimana momen dua arah (*biaxial*) dijadikan satu arah, ke arah yang kritis. Rumus yang digunakan ialah :

$$M_{ux} = M_{2x} + M_{2y} \cdot \frac{b}{h} \cdot \frac{1 - \beta}{\beta} \quad \text{untuk} \quad \frac{M_{2y}}{M_{2x}} \geq \frac{b}{h} \quad \dots\dots \quad (\text{Salmon, pers. 13.21.17})$$

$$M_{uy} = M_{2y} + M_{2x} \cdot \frac{h}{b} \cdot \frac{1 - \beta}{\beta} \quad \text{untuk} \quad \frac{M_{2y}}{M_{2x}} \leq \frac{b}{h} \quad \dots\dots \quad (\text{Salmon, pers. 13.21.18})$$

Harga  $\beta$  berkisar antara 0,55 sampai dengan 0,65. Untuk disain lebih akurat biasa digunakan 0,65.



Dapatkan harga  $\rho_{\text{perlu}}$  dari diagram interaksi M - N berdasarkan mutu beton dan baja tulangan yang sesuai, sumbu ordinatnya menyatakan  $P_u$  dan sumbu absisnya menyatakan  $M_u = M_c$  dengan rumus :

$$K_y = \frac{\phi \cdot P_n}{A_g} \dots\dots\dots \text{Untuk sumbu ordinat ( y )}$$

$$K_x = \frac{\phi \cdot M_n}{A_g \cdot h} \dots\dots\dots \text{Untuk sumbu absis ( x )}$$

Nilai  $P_n$  diperoleh dari hasil perhitungan SAP 90, sedangkan  $M_n$  diperoleh dari rumus di atas. Besarnya  $\rho_{\text{perlu}}$  diperoleh dengan menarik garis sejajar sumbu x sebesar  $K_x$  yang dipotongkan dengan garis sejajar sumbu y sebesar  $K_y$ . As perlu diperoleh dengan mengalikan  $\rho_{\text{perlu}}$  dengan  $A_g$ . Diagram interaksi kolom dapat dilihat pada Lampiran C.

8.1.3. Kontrol Dengan *Bresler Resiprokal Method*

*Bresler Reciprocal Method* merupakan salah satu teori dalam pengecekan kolom yang mengalami momen dari dua arah (*biaksial bending*). Sebagai alat bantu nya digunakan diagram interaksi yang sama dengan yang digunakan untuk merencanakan tulangan lentur kolom di atas.

Prosedur perhitungannya adalah sebagai berikut :

- 1. Hitung harga  $e/h$  untuk masing-masing arah momen. Momen yang digunakan ialah momen yang dihasilkan dari langkah 2 perencanaan tulangan lentur kolom.



2. Dari harga  $e/h$  untuk masing-masing arah momen dan  $\rho$  yang digunakan, lalu titik pertemuannya diproyeksikan sejajar sumbu  $x$  untuk memperoleh harga  $\frac{\phi \cdot P_n}{A_g}$ . Maka harga  $P_n$  untuk arah  $x$  dan  $y$  dapat diperoleh.

Kekuatan penampang tekan yang memperoleh gaya aksial dan momen lentur dalam dua arah sumbu utamanya (momen biaksial) dapat dirumuskan sbb :

$$P_{nb} = \left( \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{no}} \right)^{-1} \geq P_n \text{ ada } \dots\dots\dots (\text{Salmon, pers. 13.21.6})$$

dimana :

$$- P_{no} = 0,8 \cdot [ 0,85 f_c' ( A_g - A_s ) + A_s f_y ]$$

..... (SK SNI T-15-1991-03, pers 3.1-2)

Dengan harga  $e_x/h$ ,  $e_y/h$  dan  $\rho$  yang telah terpasang, maka nilai  $P_{ox}$  dan  $P_{oy}$  dapat dicari dengan diagram interaksi  $M - N$  dengan rumus :

$$P_{nx} = K_x \cdot A_g / 0,65$$

$$P_{ny} = K_y \cdot A_g / 0,65$$

dimana  $K_x$  dan  $K_y$  adalah konstanta yang didapat pada sumbu ordinat diagram interaksi  $M - N$  untuk  $P_{nx}$  dan  $P_{ny}$ .

#### 8.1.4. Penulangan Geser dan Torsi Kolom

Penulangan geser dan torsi pada kolom pada hakekatnya adalah sama dengan penulangan geser dan torsi pada balok yang diatur dalam SK SNI T-15-1991-03, ayat 3.4.3 dan 3.4.6, hanya pada daerah ujung-ujung dari kolom harus mendapat perhatian khusus sebagai syarat bagi suatu struktur bangunan beton bertulang yang tahan gempa.



Selain itu perbedaannya adalah pada kolom terdapat pengaruh gaya aksial sehingga kemampuan geser bertambah sebesar :

$$V_c = 2 \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w d \dots\dots\dots (\text{SK SNI '91, pers. 3.4-4})$$

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan tulangan geser - torsi kolom adalah sebagai berikut :

1. Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi terkecil kolom tidak boleh lebih besar dari 25
2. Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal untuk memikul beban geser.
3. Spasi maksimum dari sengkang tertutup pada kolom tidak boleh lebih dari  $d/4$ , sepuluh kali diameter tulangan longitudinal terkecil, 24 kali diameter sengkang dan 300 mm.
4. Pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari  $d/2$  pada seluruh panjang komponen struktur tersebut.
5. Pada daerah ujung sejarak  $d$  dari muka kolom, kuat geser yang disumbangkan oleh beton ( $\phi.V_c$ ) harus diambil sebesar setengah dari yang disyaratkan dalam SK SNI T-15-1991-03, pasal 3.4.
6. Tulangan transversal harus dipasang dengan spasi tidak melebihi :
  - Setengah dari dimensi komponen struktur yang terkecil.



- Lebih kecil atau sama dengan 10 kali diameter tulangan memanjang.
- Lebih kecil atau sama dengan 200 mm.

7. Pada setiap muka join pada kedua sisi dari setiap penampang harus dipasang tulangan transversal dengan jumlah seperti ditentukan di atas sepanjang  $l_o$  dari muka yang ditinjau.

Panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari :

- Tinggi komponen dimensi struktur untuk  $Nu_k \leq 0,3 A_g f_c'$
- Satu setengah kali tinggi kompoenen struktur untuk  $Nu_k > 0,3 A_g f_c'$
- Seperempat bentang bersih dari komponen struktur
- 450 mm

Selanjutnya untuk langkah-langkah perhitungan penulangan geser - torsi pada kolom dapat dilihat pada Bab VII (Perencanaan Balok Induk).

Berikut ini adalah contoh perhitungan penulangan kolom. Sebagai contoh perhitungan diambil kolom tengah lantai dasar As. D dengan data perencanaan sbb :

- Ukuran kolom =  $70 \times 70 \text{ cm}^2$
- Mutu beton = K 350,  $f_c' = 29,2 \text{ MPa}$
- Mutu baja =  $U_{32}$ ,  $f_y = 320 \text{ MPa}$
- Decking ( d ) = 40 mm
- Tulangan utama = D 25
- Sengkang =  $\emptyset 12$
- Jari-jari girasi ( r ) =  $0,3 h = 0,3 \times 800 = 240 \text{ mm}$
- Ukuran balok =  $40 \times 70 \text{ cm}$ ,  $f_c' = 29,2 \text{ MPa}$



Dari analisa SAP 90 didapat gaya-gaya dalam pada kolom sebagai berikut :

♦ Arah x

$$M_{1b} = 2,15 \text{ kNm}, \quad M_{2b} = -4,9 \text{ kNm},$$

$$M_{2s} = 472,3 \text{ kNm},$$

♦ Arah y

$$M_{1b} = 31 \text{ kNm}, \quad M_{2b} = 35,2 \text{ kNm},$$

$$M_{2s} = 476,7 \text{ kNm},$$

♦  $V_u = 283,1 \text{ kN}$ .

♦  $P_u = 7371 \text{ kN}$ .

**A. Penulangan lentur kolom**

☐ Kontrol kelangsingan kolom

Kelangsingan kolom ditinjau dalam arah x dan arah y. Pada contoh perhitungan ini cukup ditinjau arah x saja.

Kolom ditahan terhadap goyangan ke samping (*braced frame*).

- Faktor tekuk  $k = 1$

$$\begin{aligned} \text{- Nilai kelangsingan} &= \frac{k L_u}{r} \\ &= \frac{1 * 4000}{210} = 19,048 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Batas kelangsingan} &= 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \\ &= 34 - 12 \frac{2,15}{-4,9} = 39,265 > 19,048 \end{aligned}$$



Nilai kelangsingan < batas kelangsingan, maka termasuk jenis kolom pendek. Jadi pengaruh tekuk dapat diabaikan.

Harga momen hasil perhitungan SAP 90 dapat langsung digunakan. Dipilih momen arah x dan y yang menentukan, yaitu :

$$- M_{2sx} = 412,6 \text{ kNm},$$

$$- M_{2sy} = 513,1 \text{ kNm}.$$

□ Perhitungan titik absis dan ordinat pada diagram M - N

$$f_c' = 29,2 \text{ MPa} \simeq 4 \text{ ksi}.$$

$$f_y = 320 \text{ MPa} \simeq 40 \text{ ksi}.$$

$$h = 700 \text{ mm}, \quad \gamma \cdot h = 571 \text{ mm}, \quad \gamma = 0,75.$$

$$M_{uX} = 412,6 + 513,1 * (1) * (1 - 0,65) / 0,65 = 688,9 \text{ kNm}.$$

$$M_{uY} = 513,1 + 412,6 * (1) * (1 - 0,65) / 0,65 = 735,3 \text{ kNm}.$$

Harga yang menentukan yaitu 735,3 kNm.

$$K_y = \frac{\phi \cdot P_n}{A_g} = \frac{7,371 \text{ E}6}{700^2} = 15,044 \text{ MPa}$$

$$K_x = \frac{\phi \cdot M_n}{A_g \cdot h} = \frac{7,353 \text{ E}8}{700^2 * 700} = 2,144 \text{ MPa}$$

Dengan menarik garis pada diagram interaksi sejajar sumbu x sebesar 2,144 dan dipertemukan dengan garis sejajar sumbu y sebesar 15,044 diperoleh  $\rho = 2,3 \% = 0,023$ .

$$A_s \text{ perlu} = 0,023 \times 700^2 = 11270 \text{ mm}^2 \quad (\text{nantinya ditambah dengan tulangan torsi !})$$

Dipasang 24 D.25 ( $A_s = 11784 \text{ mm}^2$ )

$$\rho_{\text{ada}} = 11784 / 700^2 = 0,0241$$



**B. Cek Biaksial Bending Momen dengan Bresler Reciprocal Method**

-  $M_{ux} = 688,9 \text{ kNm}$

-  $M_{uy} = 735,3 \text{ kNm}$ .

-  $P_u = 7371 \text{ kN}$ .

♦ Perhitungan  $P_{nx}$  :

$$e_x/h = \frac{M_{ux}}{P_u \cdot h} = \frac{688,9 \text{ E3}}{7371 \cdot 700} = 0,1335 > 0,1.$$

$\rho = 2,41 \%$  dengan bantuan diagram interaksi terlampir diperoleh :

$K_x = 2,3 \text{ ksi} = 15,8579 \text{ MPa}$ , maka :

$$P_{nx} = 15,8579 \times 700^2 / 0,65 = 11950 \text{ kN}.$$

♦ Perhitungan  $P_{ny}$  :

$$e_y/h = \frac{M_{uy}}{P_u \cdot h} = \frac{735,3 \text{ E3}}{7371 \cdot 700} = 0,1425 < 0,1.$$

$\rho = 2,41 \%$  dengan bantuan diagram interaksi terlampir diperoleh :

$K_y = 2,85 \text{ ksi} = 19,6501 \text{ MPa}$ , maka :

$$P_{ny} = 19,6501 \times 700^2 / 0,65 = 14810 \text{ kN}.$$

♦ Perhitungan  $P_{no}$ 

$$P_{no} = 0,8 \cdot [0,85 \cdot f_c' (A_g - A_s) + A_s \cdot f_y]$$

$$= 0,8 \times [0,85 \times 29,2 \times (700^2 - 11784) + 11784 \times 320]$$

$$= 12510 \text{ kN}.$$

Kontrol :  $P_n \text{ ijin} = \frac{1}{P_{nb}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{no}} \geq P_n \text{ ada}.$

$$P_n \text{ ada} = P_u / \phi = 7371 / 0,65 = 11340 \text{ kN}.$$

$$P_{nb} = \left( \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_{no}} \right)^{-1}$$





$$= \left( \frac{1}{11950} + \frac{1}{14810} - \frac{1}{12510} \right)^{-1}$$

$$= 14040 \text{ kN} > P_n \text{ ada} = 11340 \text{ kN} \quad \dots\dots\dots \text{Ok !}$$

Hasil perhitungan kolom yang lainnya disajikan dalam bentuk tabel dan dapat dilihat pada Lampiran C. Diagram interaksi dapat dilihat pada lampiran C.

### C. Penulangan geser dan torsi kolom

- $f_c' = 29,2 \text{ MPa}$ ,  $f_y = 320 \text{ MPa}$ .
- $N_u = 7371 \text{ kN}$ ,  $V_u = 283,1 \text{ kN}$ ,  $T_u = 22,1 \text{ kNm}$ .
- $b = h = 700 \text{ mm}$ .
- decking = 50 mm.
- Sengkang =  $\Phi 12$ ,  $A_v \text{ ada} = 113,1 \text{ mm}^2$ .
- Tulangan utama = D.25
- $d = 700 - 40 - 12 - 12,5 = 635,5 \text{ mm}$ .

#### ☐ Sumbangan kekuatan geser beton :

- ♦ Dalam daerah sejarak (  $d$  ) dari muka tumpuan (SK SNI '91, ayat 3.14.9 butir 10 sub butir 1) :

$$- \phi V_c = 0,5 \cdot 2 \cdot \phi \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0,5 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot \left( 1 + \frac{7,371 \text{ E6}}{14 \times 700^2} \right) \times \frac{1}{6} \sqrt{29,2} \cdot 700 \cdot 635,5$$

$$= 498673,5385 \text{ N} = 498,674 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 498,674 \text{ kN} > V_u = 283,1 \text{ kN}$$

Jadi pasang tulangan minimum :



- ♦ Di luar daerah sejarak ( d ) dari muka tumpuan (daerah lapangan) (SK SNI '91, ayat 3.14.9 butir 10 sub butir 1) :

$$\phi V_c = 2 * 498,674 = 997,348 \text{ kN}$$

Jadi pasang tulangan minimum

- ♦ Spasi tulangan geser (SK SNI '91, ayat 3.14.9 butir 3 sub butir 3 (b)) :

Spasi maksimum :

$$a. s = (x_1 + y_1) / 4 ; \quad * x_1 = y_1 = 700 - 2 * 40 - 12 = 608 \text{ mm.}$$

$$s = (608 + 608) / 4 = 304 \text{ mm.}$$

$$b. s = 10 \times D. \text{ tul. utama} = 10 \times 25 = 250 \text{ mm.}$$

$$c. s = 24 \times \phi \text{ sengkang} = 24 \times 12 = 288 \text{ mm.}$$

$$d. s = d / 4 = 635,5 / 4 = 158,875 \text{ mm} \dots\dots (\text{Menentukan !})$$

$$e. s < 300 \text{ mm.}$$

Dipasang tulangan geser  $\phi 12 - 150 \text{ mm} \dots\dots$  (untuk daerah sepanjang kolom).

☐ Sumbangan kekuatan torsi beton :

$$♦ \text{ Batas torsi} = \phi \cdot \sqrt{f_c'} / 20 \cdot \Sigma x^2 \cdot y$$

$$- \Sigma x^2 y = 700^3 = 3,43 \text{ E8 mm}^3.$$

$$= 0,6 * \sqrt{29,2} / 20 * 3,43 \text{ E8}$$

$$= 55604098,05 \text{ Nmm}$$

$$= 55,604 \text{ kNm} > T_u \dots\dots\dots (\text{Torsi diabaikan !})$$

$$\text{Gunakan } A_{l \min} = 4 * A_{s \text{ sengkang}} = 4 * 113,143 = 452,572 \text{ mm}^2$$

Hasil perhitungan penulangan untuk kolom yang lainnya disajikan dalam

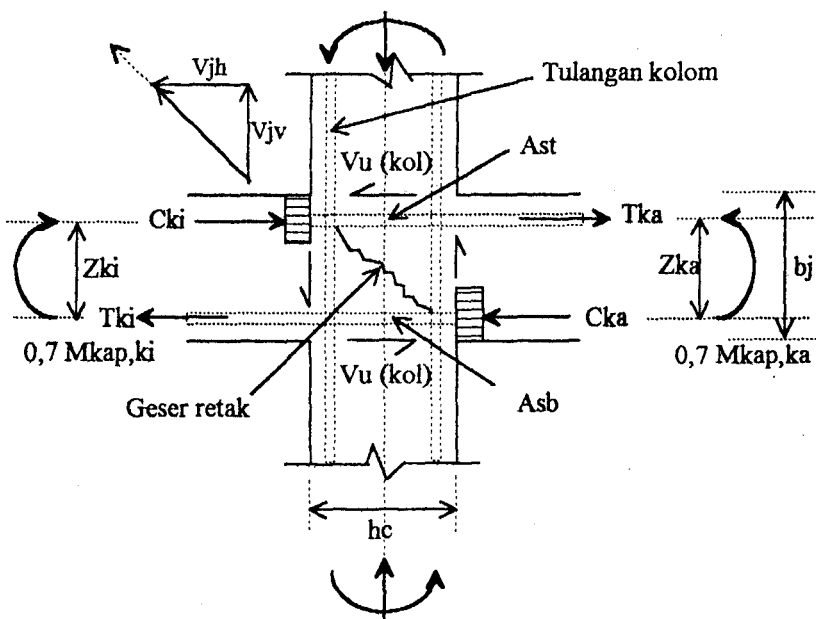
bentuk tabel dan dapat dilihat pada Lampiran C.



## 8.2. PERENCANAAN PERTEMUAN BALOK - KOLOM

Perencanaan pertemuan balok dan kolom merupakan daerah dimana terjadi interaksi tegangan yang sangat tinggi, karena adanya momen berbalik arah pada balok - balok di sisinya akibat beban gempa yang cukup besar.

SK SNI T-15-1991-03, ayat 3.14.6 menyebutkan bahwa momen lentur dan gaya geser kolom serta geser horisontal  $V_{jh}$  dan geser vertikal  $V_{jv}$  yang melewati inti join harus dievaluasi dengan analisis rasional yang memperhitungkan seluruh pengaruh dari gaya - gaya yang membentuk keseimbangan pada titik pertemuan (join) yang ditinjau.



GAMBAR 8.1. GESER PADA SUATU PERTEMUAN BALOK - KOLOM

Faktor yang kritis dalam perencanaan pertemuan balok dan kolom adalah pemindahan gaya-gaya yang bekerja pada suatu elemen struktur kepada elemen struktur



lainnya melalui suatu pertemuan. Bila tidak direncanakan dengan tepat justru di daerah pertemuan ini akan terjadi retak diagonal akibat geser horisontal yang bekerja.

Untuk perencanaan rangka beton bertulang penahan gaya gempa, SK SNI T-15-1991-03, ayat 3.14.2 butir 1 sub butir 3 memberikan batasan bahwa struktur yang direncanakan dengan tingkat daktilitas 2 harus direncanakan proporsinya menurut ketentuan ayat 3.14.9 dan memenuhi pasal 3.1 hingga 3.11.

Tetapi SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.14.9 tidak menyajikan ketentuan khusus mengenai hubungan balok - kolom dalam bentuk perhitungan teknis, melainkan berupa batasan-batasan jumlah dan jarak dari sengkang dan tulangan memanjang yang digunakan pada elemen balok dan kolom. Sehingga untuk perencanaan tulangan geser pada pertemuan balok - kolom direncanakan hanya menggunakan sengkang minimum.

Adapun daerah pertemuan balok - kolom yang diberi penulangan geser minimum dihitung sesuai dengan ketentuan SK SNI T-15-1991-03, ayat 3.14.6 sebagai berikut :

Lebar efektif join ( $b_j$ ) harus diambil sebagai berikut :

- a. Apabila lebar penampang kolom lebih lebar dari penampang balok maka  $b_j$  harus diambil sebagai nilai terkecil antara lebar kolom dan lebar balok ditambah setengah tinggi total penampang kolom.

$$b_c > b_b \quad \dots \quad b_j = b_c$$

$$b_j = b_b + 0,5.h_c, \text{ ambil terkecil.}$$



- b. Apabila lebar penampang kolom lebih kecil dari lebar balok maka  $b_j$  harus diambil sebagai nilai terkecil antara lebar balok dan lebar kolom ditambah setengah tinggi total penampang kolom.

$$b_c < b_b \quad \dots \quad b_j = b_b$$

$$b_j = b_c + 0,5 h_c, \text{ ambil terkecil.}$$

Dengan contoh perhitungan kolom yang sama seperti di atas, maka daerah pertemuan balok kolom dapat dihitung sebagai berikut :

$$b_c = 700 \text{ mm.}$$

$$b_b = 400 \text{ mm.}$$

$$b_c > b_b \quad \dots \quad b_j = 700 \text{ mm.} \quad \dots \quad (\text{menentukan ... !})$$

$$b_j = 400 + 0,5 \times 700 = 750 \text{ mm.}$$

Sehingga daerah yang perlu penulangan geser minimum pada pertemuan balok - kolom ini adalah :

- Lebar join ( $b_j$ ) = 700 mm
- Tinggi join ( $h_c$ ) = 700 mm

Adapun sengkang yang dipasang adalah  $\Phi 12 - 10$

Untuk penulangan geser pada pertemuan balok - kolom yang lainnya digunakan sengkang dan spasi yang sama yaitu  $\Phi 12 - 10$ .



### 8.3. PERENCANAAN DINDING GESER

#### 8.3.1. Data-data Perencanaan

Perencanaan dinding geser didasarkan pada SK SNI T-15-1991-03, Ayat 3.4.10, Ayat 3.7.5. Sebagai contoh perhitungan adalah dinding geser As. A.

Data - data bahan :

Mutu baja :  $U_{32}$ ,  $f_y = 320 \text{ MPa}$ .

Mutu beton : K 350,  $f_c' = 29,2 \text{ MPa}$ .

Lebar dinding ( $l_w$ ) = 400 cm

Tinggi total dinding ( $h_w$ ) = 1600 cm

Tebal dinding ( $h$ ) = 30 cm

Beban-beban maksimum dari analisa struktur :

$P_u = 330,99 \text{ kN}$ .

$V_u = 78,535 \text{ kN}$ .

$M_u = 27,011 \text{ kNm}$ .

#### 8.3.2. Perencanaan Berdasarkan Kekuatan

1. Kuat geser penampang horisontal (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10 butir 3) :

$$\begin{aligned} V_n &= 5/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot h \cdot d \\ &= 5/6 \cdot \sqrt{29,2} \cdot 300 \cdot (0,8 \times 4000) = 4322961,948 \text{ N} \\ &= 4322,962 \text{ kN} > V_u / 0,6 = 78,535 / 0,6 = 130,892 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{Ok !} \end{aligned}$$

(kemampuan dinding memikul gaya geser lebih besar dari beban geser yang diterimanya ).



2. Kuat beban aksial rancang (SK SNI T 15-1991-03, Ayat 3.7.5 butir 2) :

$$\phi P_{nw} = 0,55 \phi f_c' A_g \left[ 1 - \left( \frac{k l_c}{32 h} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (\text{SK SNI '91, pers 3.7.1})$$

dimana :  $\phi = 0,7$

$$k = 0,8$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nw} &= 0,55 * 0,7 * 29,2 * (300 * 4000) * \left[ 1 - \left( \frac{0,8 * 4000}{32 * 300} \right)^2 \right] \\ &= 11991466,67 \text{ N} \\ &= 11991,467 \text{ kN} > P_u = 330,99 \text{ kN.} \end{aligned}$$

3. Tebal minimum (SK SNI T-15-1991-03, Ayat 3.14.9 butir 7 sub butir 2 (b)) :

SK SNI '91, ayat 3.14.9 butir 7 sub butir 2 (b), mensyaratkan bahwa untuk tebal dinding  $\geq 200$  mm, maka di setiap arah harus dipasang 2 lapis tulangan. Adapun tujuannya adalah :

- ♦ Melindungi kerusakan beton akibat adanya beban tertukar, terutama pada keadaan inelastik.
- ♦ Mengendalikan lebar retak yang akan timbul pada dinding karena penyebaran tulangan lebih merata sepanjang dan setinggi dinding tersebut.

### 8.3.3. Penulangan Geser Horisontal

Sesuai SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.10 butir 6, kuat geser yang disediakan beton dapat dihitung sebagai nilai terkecil dari :

$$V_c = \left[ \frac{h d \sqrt{f_c'}}{4} + \frac{N_u d}{4 l_w} \right] \dots\dots\dots (\text{SK SNI '91, pers 3.4.32})$$



$$= \left[ \frac{300 \times (0,8 \times 4000) \times \sqrt{29,2}}{4} + \frac{330990 \times (0,8 \times 4000)}{4 \times 4000} \right]$$

$$= 1363086,584 \text{ N} = 1363,087 \text{ kN}$$

dan

$$V_c = \left[ \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{2} + \frac{l_w \left( \sqrt{f_c'} + 2 \frac{N_u}{l_w \cdot h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right) / 10 \right] h d \quad \dots \text{ (SK SNI '91, pers 3.4.33)}$$

Bila harga  $\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}$  negatif maka persamaan kedua tidak berlaku.

Untuk dinding geser ini :

$$\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} = \frac{27011}{78,583} - \frac{4000}{2} = -1656,274 \text{ mm} < 0, \text{ maka :}$$

persamaan kedua tidak berlaku

Jadi  $V_c$  yang dipakai adalah = 1363,087 kN

$$- \phi \cdot V_c = 0,6 \cdot 1363,087 \text{ kN} = 817,8522 \text{ kN} > V_u = 78,538 \text{ kN.}$$

$$- 0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 408,9261 \text{ kN} > V_u = 78,538 \text{ kN.}$$

Karena  $\phi \cdot V_c > V_u$ , maka penulangan geser horisontal adalah minimum.

Sesuai ketentuan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.5 butir 2, maka digunakan rasio tulangan horisontal minimum ( $\rho_{\min}$ ) = 0,0025 (terhadap penampang vertikal dinding geser)

$$A_{v_{\min}} = 0,0025 \cdot h_w \cdot h = 0,0025 \cdot 16000 \cdot 300 = 12000 \text{ mm}^2.$$

$$\text{Dicoba tulangan D.16, } A_v \text{ ada} = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tul}} = \frac{12000}{201,062} = 59,683 \simeq 60 \text{ buah}$$





$$S_2 = \frac{16000}{60} = 266,665 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

Sesuai ketentuan SK SNI '91, ayat 3.14.9 butir 7 sub butir 3 (g) :

- Dalam daerah ujung ( $S_{2 \text{ maks}}$ )  $\leq 200 \text{ mm}$
- Di luar daerah ujung ( $S_{2 \text{ maks}}$ )  $\leq \frac{l_w}{5} = \frac{4000}{5} = 800 \text{ mm}.$   
 $\leq 3 h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}.$   
 $\leq 450 \text{ mm}$

Dipasang tulangan geser horisontal :

- D.16 - 20 dalam daerah ujung ( $l_o$ )
- D.16 - 25 di luar daerah ujung

Adapun panjang daerah ujung yang dimaksud di atas adalah seperti yang ditentukan dalam SK SNI '91, ayat 3.14.5 butir 9 dan diambil yang terbesar dari :

- Lebar dinding geser ( $l_w$ ) = 400 cm
- $h_w / 6 = 1600 / 6 = 266,667 \text{ cm}$
- $\geq 2.l_w = 2 * 400 = 800 \text{ cm} \dots\dots\dots$  (Menentukan !)

Panjang daerah ujung dihitung dari dasar dinding geser.

#### 8.3.4. Penulangan Geser Vertikal

Menurut SK SNI T-15-1991-03, ayat 3.14.5 butir 2, rasio minimum tulangan geser vertikal adalah ditentukan yang terbesar dari :

- ♦  $\rho_{\min} = 0,0025 \dots\dots$  (Menentukan !)
- ♦  $\rho_{\min} = 0,7 / f_y = 0,7 / 320 = 0,0021875$

$$A_{nv \min} = \rho_n l_w h = 0,0025 * 4000 * 300 = 3000 \text{ mm}^2$$



$$n_{ul} = \frac{3000}{201,062} = 14,92 \simeq 15 \text{ buah}$$

$$S_1 = \frac{4000}{15} = 266,667 \text{ mm} \simeq 250 \text{ mm}$$

Sesuai ketentuan SK SNI '91, ayat 3.14.9 butir 7 sub butir 3 (f) :

- $S_{1 \text{ maks}} \leq 200 \text{ mm}$ , dalam daerah ujung ( $l_o$ )
- $S_{1 \text{ maks}} \leq 300 \text{ mm}$ , di luar daerah ujung
- **D.16 - 20** dalam daerah ujung ( $l_o$ )
- **D.16 - 25** di luar daerah ujung

Untuk selanjutnya tabel perhitungan penulangan dinding geser yang lainnya, dapat dilihat pada Lampiran C.



## BAB SEMBILAN

---

### PERENCANAAN PONDASI

---

Perencanaan pondasi yang akan dibahas dalam bab ini meliputi jumlah tiang pancang yang diperlukan, perencanaan *poer* (*pile cap*) dan *sloof* (*tie beam*).

#### 9.1. DATA-DATA TANAH

Data-data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan hasil penyelidikan tanah di lapangan. Adapun data-data yang telah tersedia adalah data sondir dan data boring.

Dari hasil penyelidikan tanah baik sondir maupun boring ini, dapat diketahui jenis tanah yang ada, nilai *SPT*, jumlah hambatan pelekut dan harga conus (sondir), sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa kondisi tanah dasar adalah heterogen, dimana lapisan tanah keras terletak pada kedalaman yang bervariasi antara 12 m - 18 m.



Oleh karena itu untuk dapat menghasilkan daya dukung suatu pondasi tiang pancang yang optimum, maka pemancangan tiang direncanakan sampai pada kedalaman 18 m.

Pondasi pada gedung ini direncanakan dengan pondasi tiang pancang produksi Wijaya Karya.

## **9.2. DAYA DUKUNG PONDASI TIANG**

Daya dukung suatu tiang harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan dan kekuatan tanah tempat tiang ditanam. Hasil daya dukung yang paling kecil akan dipakai sebagai daya dukung tiang yang diijinkan.

### **9.2.1. Daya Dukung Tiang Pancang Yang Berdiri Sendiri**

#### **1. Daya dukung berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang**

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang produksi WIKA, diameter 500 mm, klasifikasi B dengan spesifikasi bahan :

$$P_{ijin} \text{ 1 tiang } = 163,08 \text{ ton}$$

$$M_{ijin} \text{ 1 tiang } = 15 \text{ tm}$$

Lihat brosur (terlampir).

#### **2. Daya dukung berdasarkan kekuatan tanah**

##### **A. Berdasarkan Data Sondir**

Menurut Meyerhof, perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data hasil sondir harus harus memperhitungkan daerah tanah yang mengalami keruntuhan



geser akibat penetrasi konus atau tiang pancang yaitu pada daerah 2.D s/d 4.D di bawah tiang dan 6.D s/d 10.D di atas tiang (D = diameter tiang).

Penentuan harga konus yang dipakai dalam perhitungan tidak diambil langsung dari harga konus di ujung tiang, tetapi diambil dari harga konus rata-rata sepanjang daerah keruntuhan yang dihitung dengan persamaan (dari "*Cone Penetration Testing and Experience*", *Geotechnical Engineering Division*, USA, 1981):

$$Cn_{\text{ijin rata-rata ujung}} = \frac{0,5 (Cn_1 + Cn_2) + Cn_3}{2}$$

Daya dukung akibat perlawanan ujung yang didasarkan atas harga konus adalah :

$$Q_c = Cn_{\text{ijin rata-rata ujung}} \times A_{\text{ujung tiang}}$$

( "*Foundation Analysis and Design* " oleh J.E. Bowles pasal 16.8 )

Pengaruh dari lekatan (*sleeve*) tanah kohesif harus diperhitungkan sebagai tambahan kekuatan dukung tanah yang dihitung dengan persamaan :

$$Q_s = O \times JHP$$

( "*Foundation Analysis and Design* " oleh J.E. Bowles pasal 16.9 )

Daya dukung ultimate dari satu tiang yang berdiri sendiri diperoleh dengan menjumlahkan kedua kondisi di atas.

$$Q_u = Q_c + Q_s$$

Daya dukung ijin dari suatu tiang yang berdiri sendiri adalah daya dukung satu tiang dibagi dengan suatu angka keamanan (*Safety Factor / SF*)



$$P_{ijin} \text{ 1 tiang} = \frac{Q_c}{SF_1} + \frac{Q_s}{SF_2} \text{ (Wesley)}$$

Jadi daya dukung ijin 1 tiang :

$$P_{ijin} \text{ 1 tiang} = \frac{A \times Cn_{ijin \text{ rata-rata ujung}}}{3} + \frac{O \times JHP}{5}$$

Direncanakan menggunakan tiang pancang bulat D.50 cm dan dipancang sampai kedalaman 18 m.

Dari data test sondir (terlampir) didapat :

$$\begin{aligned} - JHP &= 2000 \text{ kg/cm}^2 \\ - Cn_{(14)} &= 400 \text{ kg/cm}^2 \\ - Cn_{(18)} &= 400 \text{ kg/cm}^2 \\ - Cn_{(19,5)} &= 400 \text{ kg/cm}^2 \\ - Cn_{ijin \text{ rata-rata ujung}} &= \frac{0,5 (Cn_{(14)} + Cn_{(18)}) + Cn_{(19,5)}}{2} \\ - Cn_{ijin \text{ rata-rata ujung}} &= \frac{0,5 * (400 + 400) + 400}{2} \\ &= 400 \text{ kg/cm}^2 \\ - P_{ijin} \text{ 1 tiang} &= \frac{A \times Cn_{ijin \text{ rata-rata ujung}}}{3} + \frac{O \times JHP}{5} \\ &= \frac{\pi/4 \cdot 50^2 \cdot 400}{3} + \frac{\pi \cdot 50 \cdot 2000}{5} \\ &= 324761,905 \text{ kg} = 324,762 \text{ Ton} \end{aligned}$$

#### B. Berdasarkan Nilai SPT

Berdasarkan hasil penyelidikan dengan boring, nilai SPT tanah pada kedalaman tiang yang dimulai dari 3.D di bawah ujung tiang sampai 8.D di atas ujung tiang diperoleh harga rata-rata nilai SPT sebagai berikut :



$$N_{ijin} = \frac{33 + 50 + 50 + 50}{4} = 45,75$$

Daya dukung akibat perlawanan ujung (J.E. Bowles) :

$$P_{pu} = A_p (38 \cdot N) L_b / B \leq 380 N (A_p) \text{ kN}$$

Bila  $L_b/B > 10$ , maka

$$P_{pu} = A_p \cdot q_c$$

dimana :

$$\begin{aligned} A_p &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot (50/30,48)^2 \\ &= 2,113 \text{ sq ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_b/B &= 5,5 / 0,5 \\ &= 11 > 10 \dots\dots\dots P_{pu} = A_p \cdot q_c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_c &= 4 \cdot N (\text{ton sq ft}) \dots\dots (Mayerhof) \\ &= 4 \cdot 45,75 \\ &= 183 \text{ ton sq ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{pu} &= 2,113 \text{ sq ft} \cdot 183 \text{ ton/sq ft} \\ &= 386,68 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung akibat lekatan tanah :

$$P_s = A_s \cdot f_s$$

dimana :

$$\begin{aligned} A_s &= \text{Keliling} \times \text{Panjang tiang tertanam.} \\ &= \pi \cdot 0,5 \cdot 18 \\ &= 28,27 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



$$f_s = \chi_m \cdot N \dots\dots\dots (\text{Bowles pers. 16 - 16})$$

dimana :  $\chi_m = 1$  untuk tiang pancang

$$f_s = 1 \cdot 45,75$$

$$P_s = 28,27 \cdot 45,75$$

$$= 129,355 \text{ ton}$$

Daya dukung berdasarkan nilai *SPT* :

$$\begin{aligned} P_{ijin} \text{ 1 tiang} &= \frac{P_{pu}}{3} + \frac{P_s}{5} \\ &= \frac{386,68}{3} + \frac{129,36}{5} \\ &= 154,76 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dari ke-tiga perhitungan daya dukung tiang pancang di atas yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang adalah berdasarkan nilai *SPT* tanah yaitu :

$$P_{ijin} \text{ 1 tiang} = 154,76 \text{ ton}$$

### 9.2.2. Daya Dukung Satu Tiang Dalam Kelompok

Daya dukung satu tiang dalam kelompok didapat dari daya dukung satu tiang yang berdiri sendiri dikalikan dengan suatu faktor efisiensi (*Eff*) yang dihitung dengan persamaan :

$$P_{ijin} \text{ 1 tiang dalam kelompok} = P_{ijin} \text{ 1 tiang berdiri sendiri} \times \text{Eff}$$

Agar efisiensi tiang tidak kurang dari 1, maka menurut buku "*Foundation Analysis and Design*" oleh J.E Bowles, jarak minimum dari as ke as pondasi tiang pancang kelompok adalah :





$$S \geq \frac{1,57 \cdot D \cdot m \cdot n - 2 \cdot D}{m + n - 2}$$

Apabila jarak antara as ke as tiang pancang dalam suatu kelompok lebih besar dari jarak diatas, maka efisiensi = 1, tapi apabila diambil kurang dari jarak diatas, maka faktor efisiensi tiang kelompok harus dihitung dengan rumus :

$$\text{Eff} = 1 - \phi \frac{(n - 1) \cdot m + (m - 1)}{90 \cdot m \cdot n}$$

sehingga :

$$P_{\text{ijin}} \text{ 1 tiang dalam kelompok} = \text{Eff} \times P_{\text{ijin}} \text{ 1 tiang berdiri sendiri}$$

### 9.2.3. Beban Maksimum Tiang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam kelompok tiang dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen-momen yang bekerja pada tiang.

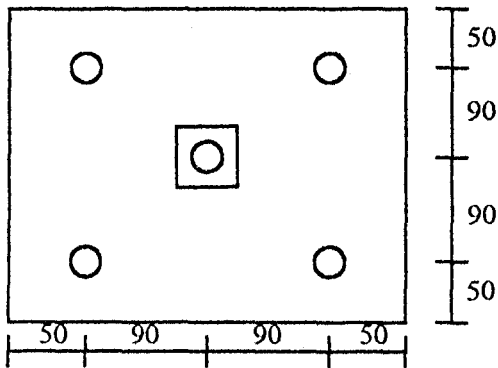
Persamaan yang digunakan adalah :

$$P_{\text{max}} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_x \cdot X_{\text{max}}}{\sum X^2} + \frac{M_y \cdot Y_{\text{max}}}{\sum Y^2} \leq P_{\text{ijin}} \text{ 1 tiang dalam kelompok}$$



□ Contoh perhitungan :

Perencanaan pondasi tiang pancang kolom tengah lantai dasar, dengan data-data sebagai berikut :



GAMBAR 9.1. POER P.1

$$\begin{aligned}
 P &= 611,8 \text{ ton} \\
 M_{ux} &= 41,26 \text{ tm} ; \quad M_{uy} = 51,31 \text{ tm} \\
 H_{ux} &= 19,73 \text{ ton} ; \quad H_{uy} = 20,12 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Untuk memikul beban aksial dan momen, maka jumlah tiang direncanakan sebanyak 5 buah tiang yang masing-masing berdiameter 50 cm dengan *poer (pile cap)* berukuran  $b \times l \times t = 280 \times 280 \times 100 \text{ cm}^3$  (BV beton = 2,4 t/m<sup>3</sup>)

Syarat jarak dari as ke as pada pondasi tiang pancang agar efisiensi tiang tidak kurang dari 1 adalah :

$$\begin{aligned}
 S_{\min} &\geq \frac{1,57 \cdot D \cdot m \cdot n - 2 \cdot D}{m + n - 2} \\
 &\geq \frac{1,57 \times 0,5 \times 2 \times 3 - 2 \times 0,5}{2 + 3 - 2} = 1,237 \text{ m} = 123,7 \text{ cm} \\
 S_{\text{ada}} &= 90 \sqrt{2} = 127,279 \text{ cm} > S_{\min} \dots\dots\dots Ef = 1
 \end{aligned}$$

$P_{\text{ijin}} \text{ 1 tiang dalam kelompok} = 1 \times 154,76 = 154,76 \text{ ton}$



Gaya normal rencana yang bekerja pada pondasi tiang pancang adalah :

$$\text{- Beban bangunan + beban gempa} = 611,8 \text{ ton}$$

$$\text{- Beban pile cap} = 2,8^2 \times 1 \times 2,4 = 18,82 \text{ ton} +$$

$$P = 630,62 \text{ ton}$$

Beban  $P_{\max}$  1 tiang pancang :

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x \cdot X_{\max}}{\sum x^2} + \frac{M_y \cdot Y_{\max}}{\sum y^2} \\ &= \frac{630,62}{5} + \frac{41,26 \times 0,9}{4 \times 0,9^2} + \frac{51,31 \times 0,9}{4 \times 0,9^2} \\ &= 151,838 \text{ ton} < P_{\text{ijin}} \text{ 1 tiang dalam kelompok} \dots\dots\dots \text{Ok !} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan jumlah tiang pancang yang diperlukan dapat dilihat pada Lampiran C.

#### 9.2.4. Pengaruh Gaya Lateral (Horizontal)

Tiang pancang harus mampu menerima gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horizontal dengan cara mengubah gaya horizontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang . Momen yang terjadi akibat gaya horizontal ini harus dicek terhadap kekuatan bending dari tiang pancang yang digunakan.

Untuk mendapatkan momen akibat gaya horizontal ini, dapat digunakan rumus-rumus yang terdapat pada buku Pedoman Perencanaan untuk Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung tahun 1983 pada lampiran B.

PPUBSTBG'83 menyebutkan bahwa tiang pancang dapat dibedakan antara tiang pancang pendek dan panjang. Tiang pancang disebut panjang jika panjang tiang



yang ada lebih besar dari 12 m atau lebih besar dari panjang penunjang, yaitu panjang yang diperlukan oleh tiang untuk menyalurkan momen luar  $M$  dan beban horisontal  $H$  akibat beban kerja dari atas tiang ke tanah sekelilingnya tanpa melampaui tegangan lateral yang diijinkan.

Panjang penunjang  $L$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L = 1,68 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_o}{R}} \quad \dots\dots\dots \text{(untuk tiang / sumuran bulat)}$$

Dimana :  $R = 3500 \text{ kg/cm/m}$  (untuk tanah lanau)

atau dapat ditentukan dengan menggunakan grafik pada gambar B - 2 (khusus untuk tiang pendek) buku Pedoman Perencanaan Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983.

Karena rencana pemancangan tiang sampai kedalaman 18 m ( $> 12 \text{ m}$ ), maka tiang adalah tiang panjang sehingga metode perhitungannya mengikuti pasal B.4. buku PPUSBBSTBG '83.

☐ **Langkah - langkah perhitungan momen akibat gaya lateral**

1. Pilih gaya lateral terbesar antara  $H_{ux}$  dan  $H_{uy}$  sebagai gaya lateral rencana.
2. Hitung suatu nilai  $K_y$  dengan rumus :

$$K_y = \frac{H_o}{C_r \cdot D}$$

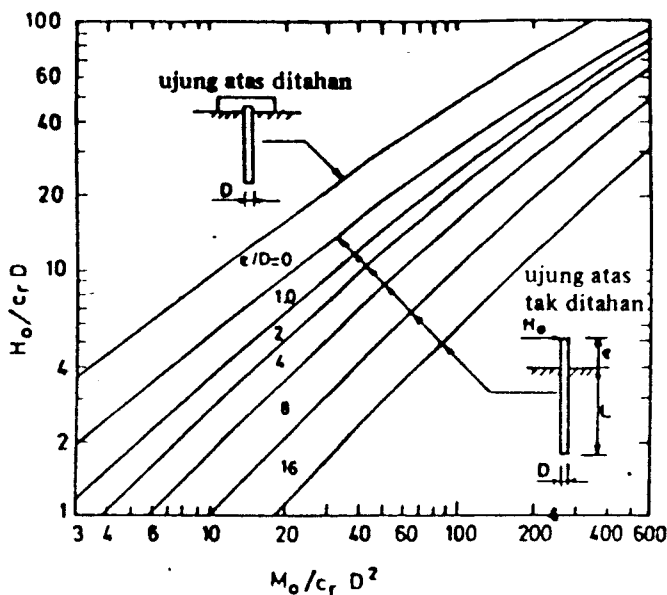
Dimana : -  $C_u = 0,4 \text{ kg/cm}^2 = 4000 \text{ kg/m}^2$

-  $C_r = 0,5 C_u = 2000 \text{ kg/m}^2$



3. Dari grafik 9.1. untuk tiang yang tertahan pada ujung (nilai  $e/D = 0$ ), dan harga  $K_y$  yang telah dihitung, diperoleh harga  $K_x$
4. Hitung momen akibat gaya lateral per diameter tiang ( $M_o$ ) dengan persamaan :

$$M_o = K_x \cdot C_r \cdot D^3 \leq M_{ijin} \text{ 1 tiang dalam kelompok}$$



GRAFIK 9.1.

#### □ Contoh perhitungan

Adapun contoh perhitungan untuk mendapatkan momen akibat gaya lateral pada tiang adalah pondasi pada kolom lantai dasar As. D (tengah) dengan poer P.1

Beban -beban yang bekerja pada ujung kolom

- P = 611,8 ton
- Mx = 41,26 tm ;      - My = 51,31 tm
- Hx = 19,73 ton ;      - Hy = 20,12 ton

pilih gaya lateral yang terbesar !!



- ♦ Kekuatan tiang pancang WIKA diameter 500, klasifikasi B (brosur terlampir)

$$- P_{ult} = 163,08 \text{ ton}$$

$$- M_{ult} = 15 \text{ tm}$$

- ♦ Beban horisontal rencana pondasi tiap diameter tiang

$$H_o = \frac{H_{uy}}{D} = \frac{20120}{5 \times 0,5}$$

$$= 8048 \text{ kg/m}$$

- ♦ Hitung harga  $K_y$

$$K_y = \frac{H_o}{C_r \cdot D} = \frac{8048}{2000 \times 0,5}$$

$$= 8,048$$

- ♦ Tentukan harga  $K_x$

Dari grafik 9.1 untuk nilai  $e/D = 0$  dan  $K_y = 8,048$  diperoleh harga  $K_x = 8,3$

- ♦ Jadi momen akibat gaya lateral

$$M_{uo} = K_x \cdot C_r \cdot D^3$$

$$= 8,3 \times 2000 \times 0,5^3$$

$$= 2075 \text{ kg m} < 15000 \text{ kg m} \dots\dots\dots \text{Ok !}$$

### 9.3. PERENCANAAN POER (*PILE CAP*)

Poer direncanakan terhadap gaya geser pons pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.



### 9.3.1. Perhitungan Geser Pons pada Poer

Dalam merencanakan tebal poer, harus dipenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer ini didasarkan pada ketentuan SK SNI '91, Ayat 3.4.11 butir 2 sub butir 1.

#### □ Contoh perhitungan Geser Pons

Sebagai contoh perhitungan geser pons pada poer diambil poer P.1.

- Beban Pu =  $611,8 - \frac{611,8}{5}$  = 489,44 ton
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 29,2 MPa
- D. tulangan utama = D.25 ,  $f_y$  = 320 MPa
- Tebal poer ( $h$ ) = 1 m ,  $d_c$  = 7 cm
- Tinggi eff ( $d$ ) =  $1000 - 70 - 1,5 \times 25$  = 892,5 mm

$$\phi V_c = \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \dots\dots\dots (\text{SK SNI '91, pers. 3.4.36})$$

tetapi tidak boleh lebih dari :

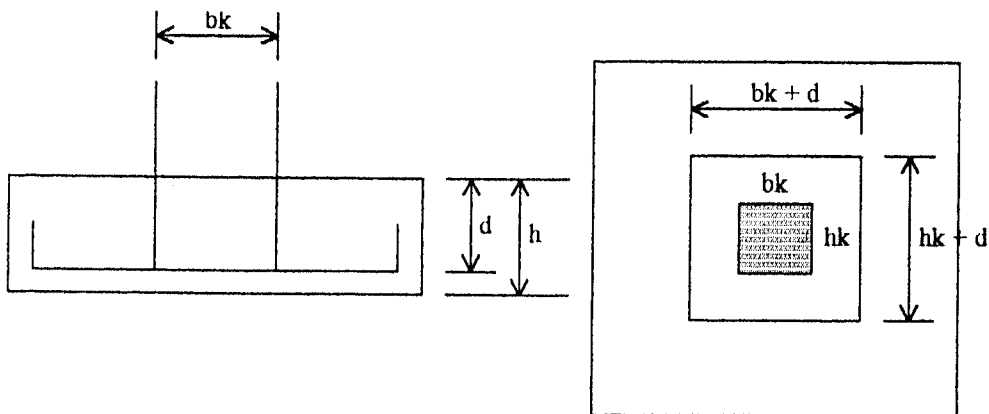
$$\phi V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \text{ atau } \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \leq 2$$

dimana :

- $\phi$  = 0,6
- $\left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) = 3 > 2$  ..... pakai batas  $\phi \cdot V_c$
- $\beta_c$  = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom  
= 1 (kolom bujur sangkar)



$$\begin{aligned}
 - b_o &= \text{Keliling dari penampang kritis pada poer} \\
 &= 2 (b_k + h_k + 2.d) \\
 &= 2 (700 + 700 + 2 \times 892,5) = 6370 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



GAMBAR 9.2. POER P.1

$$\begin{aligned}
 - \phi V_c &= 1/3 \cdot \sqrt{29,2} \cdot b_o \cdot d \\
 &= 1/3 \cdot \sqrt{29,2} \times 6370 \times 892,5 \\
 &= 10240421,39 \text{ N} = 1024,0426 \text{ ton} > P_u
 \end{aligned}$$

Pasang tulangan geser min yang diambil dari tulangan lentur.

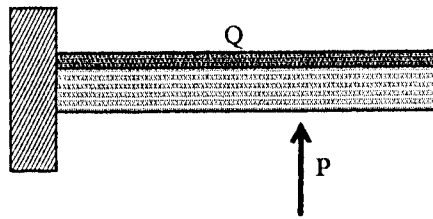
### 9.3.2. Penulangan Lentur Poer

Untuk perhitungan penulangan lentur (lihat gambar 9.3), poer type 1 dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom.

Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang sebesar  $P$  dan berat sendiri poer sebesar  $q$ . Perhitungan gaya dalam pada poer dihitung dengan teori mekanika teknik statis tertentu.







GAMBAR 9.3.

□ Contoh perhitungan penulangan lentur poer

Diambil poer P.1 sebagai lanjutan contoh sebelumnya dimana momen arah X sama dengan momen arah Y.

$$Q = 2.8 \times 1 \times 2.4$$

$$= 6,72 \text{ t/m}^2$$

Momen yang bekerja :  $M_{ux} = M_{uy} = M_u$

$$M_u = -2 \cdot P \cdot l + 1/2 \cdot Q \cdot l^2$$

$$= -2 \times 151,838 \times 0,9 + 1/2 \times 6,72 \times 1,2^2$$

$$= -298,838 \text{ tm} = -2,988 \text{ E9 N}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$= \frac{2,988 \text{ E9}}{0,8 \times 2800 \times 892,5^2}$$

$$= 1,675 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right]$$

$$= \frac{0,85 \times 29,2}{320} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,675}{0,85 \times 29,2}} \right]$$

$$= 0,005424 > \rho_{\min} = 0,004375$$



$$A_s = 0,005424 \times 280 \times 89,25 = 135,546 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan 28 D.25 (  $A_s = 137,5 \text{ cm}^2$  )

$$A_{s_{\text{susut}}} = 0,002 \times 280 \times 89,25 = 49,98 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan 11 D.25 (  $A_s = 49,09 \text{ cm}^2$  )

### 9.3.3. Kontrol Geser Pada Penampang Kritis

Geser yang terjadi pada daerah kritis kolom harus dikontrol. Apabila geser yang terjadi lebih besar dari geser nominal beton, maka dibutuhkan tulangan geser yang diambil dari bengkokan tulangan utama D.25 ke atas.

□ Contoh untuk Poer P.1

- Tulangan geser = D.25       $A_v = 1964 \text{ mm}^2$  (4 kaki)
- $P_{\text{max}}$  1 tiang = 151,838 ton
- Penampang kritis =  $(B \text{ kolom} + d)/2 = (700 + 892,5)/2$   
= 796,25 mm dari pusat kolom
- Decking (dc) = 7 cm ;  $d'' = 7 + 2 \cdot D. \text{ tul utama}$   
= 12 cm
- ♦  $V_u = 2 \cdot P_{\text{max}} - Q \cdot l = 2 \times 151,838 - 6,72 \times 1,4$   
= 294,268 ton = 2,943 E6 N
- ♦  $\phi V_c = \phi \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_{c'}} \cdot b_w \cdot d$   
=  $0,6 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{29,2} \cdot 2800 \cdot 892,5$   
= 1,3504 E6 N



Spasi maksimum tulangan geser :

$$S_{\max} = \frac{\phi A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_u - \phi V_c)} = \frac{0,6 \times 1964 \times 320 \times 892,5}{(2,943 \text{ E6} - 1,3504 \text{ E6})}$$

$$= 211,322 \text{ mm} \simeq 20 \text{ cm}$$

$$S_{\text{ada}} = \frac{B_{\text{poer}} - 2 \cdot d''}{n_{\text{tul.utama}} - 1}$$

$$= \frac{280 - 24}{28 - 1}$$

$$= 9,482 \text{ cm} < S_{\max} \dots\dots\dots \text{Ok !}$$

Hasil perencanaan poer selengkapnya ditabelkan pada Lampiran C.

#### 9.4. PERENCANAAN *SLOOF (TIE BEAM)*

*Sloof* atau *tie beam* pada perencanaan gedung ini menerima beban akibat berat sendiri, berat dinding/partisi di atasnya dan gaya aksial tekan atau tarik (arah ke bawah).

Besarnya gaya aksial yang bekerja diambil sebesar 10% dari beban aksial kolom yang terjadi pada kondisi pembebanan gempa (Buku PPSBBSTBUG '83 - 6.9.2).

Penentuan dimensi *sloof* dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan tarik ijin beton (  $f_{ct}$  ).

Dimensi *sloof* direncanakan berdasarkan gaya normal kolom terbesar (yaitu kolom lantai dasar As.D (tengah) dengan  $P_u = 737,1 \text{ ton}$ ). *Sloof* direncanakan berukuran 40 x 70 cm untuk semua *sloof*.

☐ Cek terhadap tegangan tarik ijin beton (  $f_{ct}$  ) :

$$f_{ct} = f_r = 0,7 \sqrt{f_{c'}} \dots\dots\dots (\text{SK SNI '91, ayat 3.2.5 btuir 3, pers. 3.2-10})$$

$$= 0,7 \cdot \sqrt{29,2} = 3,783 \text{ MPa}$$



$$\begin{aligned}
 f_r \text{ yang terjadi} &= \frac{N_u}{\phi b h} \leq f_{ct} \\
 &= \frac{0,1 \times 7,371 \text{ E6}}{0,8 \times 400 \times 700} \\
 &= 3,291 \text{ MPa} \leq f_{ct} \dots\dots\dots \text{Ok !}
 \end{aligned}$$

#### 9.4.1. Penulangan Lentur *Sloof*

Penulangan lentur *sloof* didasarkan pada kedua kondisi pembebanan (dari atas dan dari bawah) sehingga penulangannya juga berdasarkan kedua kondisi di atas seperti pada penulangan balok induk terhadap momen berbalik arah.

Perhitungan penulangan lentur pada *sloof* adalah sama caranya dengan penulangan lentur pada balok anak maupun balok induk sehingga tidak perlu dijelaskan lagi (langkah-langkah perhitungan penulangan lihat penulangan lentur balok induk pada pasal 7.1).

- Dimensi *sloof* = 40 x 70 cm
- Mutu beton = K-350 .....  $f_{c'}$  = 29,2 MPa
- Mutu tulangan = U<sub>32</sub> .....  $f_y$  = 320 MPa
- *Decking* (*dc*) = 70 mm ..... (SK SNI '91, 3.16.7, 1(a))
- Tulangan utama = D.25
- Sengkang =  $\Phi$  12
- Tinggi efektif =  $d$  = 70 - 7 - 1,2 - 1,25  
= 60,55 cm



☐ **Beban yang diterima *sloof* :**

$$\begin{aligned} \text{- Berat sendiri } sloof &= 0,4 \times 0,7 \times 2400 \\ &= 672 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Berat dinding} &= 3,3 \times 300 \\ &= 990 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan penulangan lentur *sloof* dapat dilihat pada Lampiran C.

#### 9.4.2. Penulangan Geser dan Torsi *Sloof*

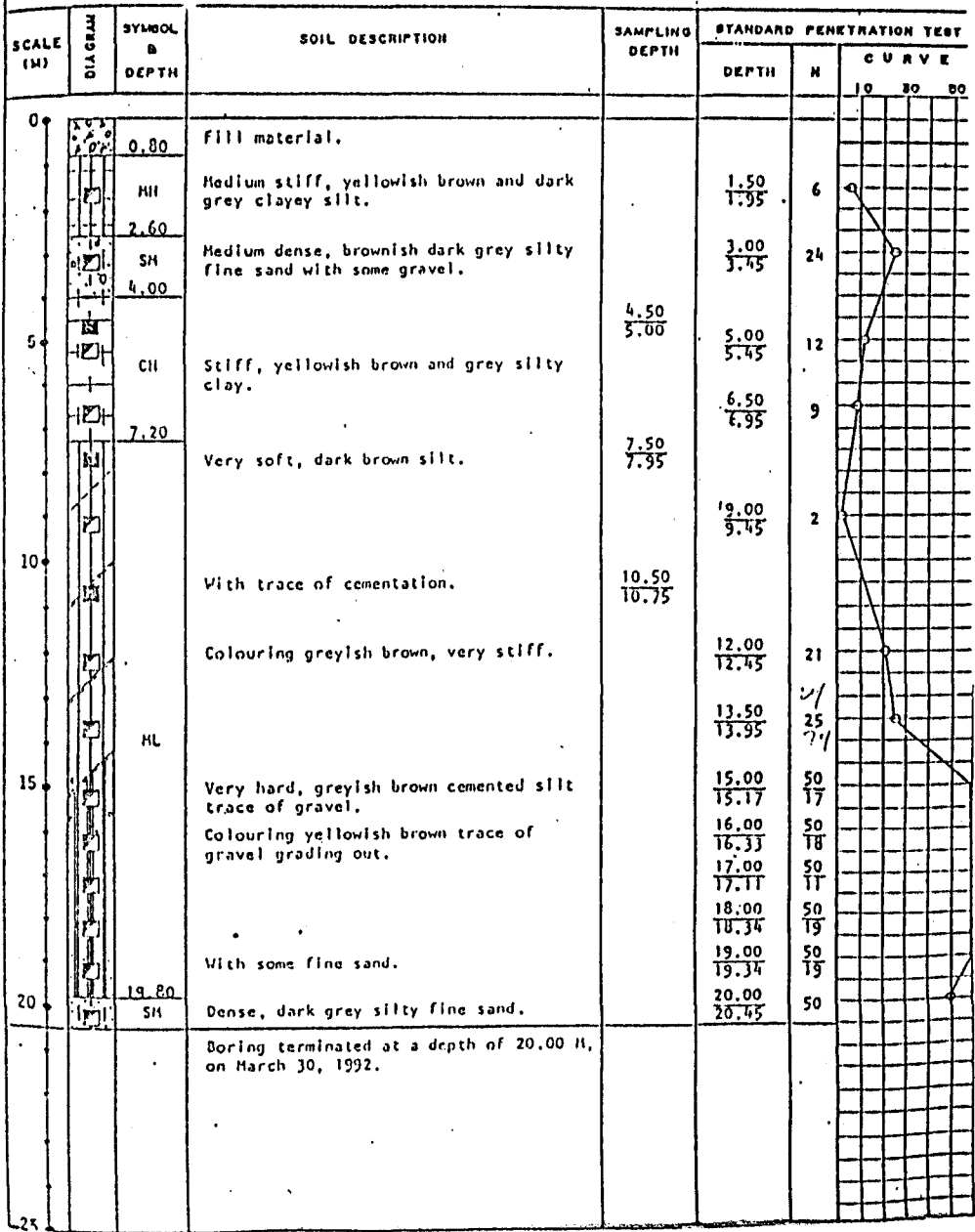
Penulangan geser-torsi untuk *sloof* dihitung dengan cara yang sama seperti pada penulangan geser-torsi balok induk (langkah perhitungannya dapat dilihat pada pasal 7.2).

Hasil penulangan geser dan torsi *sloof* dapat dilihat pada Lampiran C.



BORING PROFILE

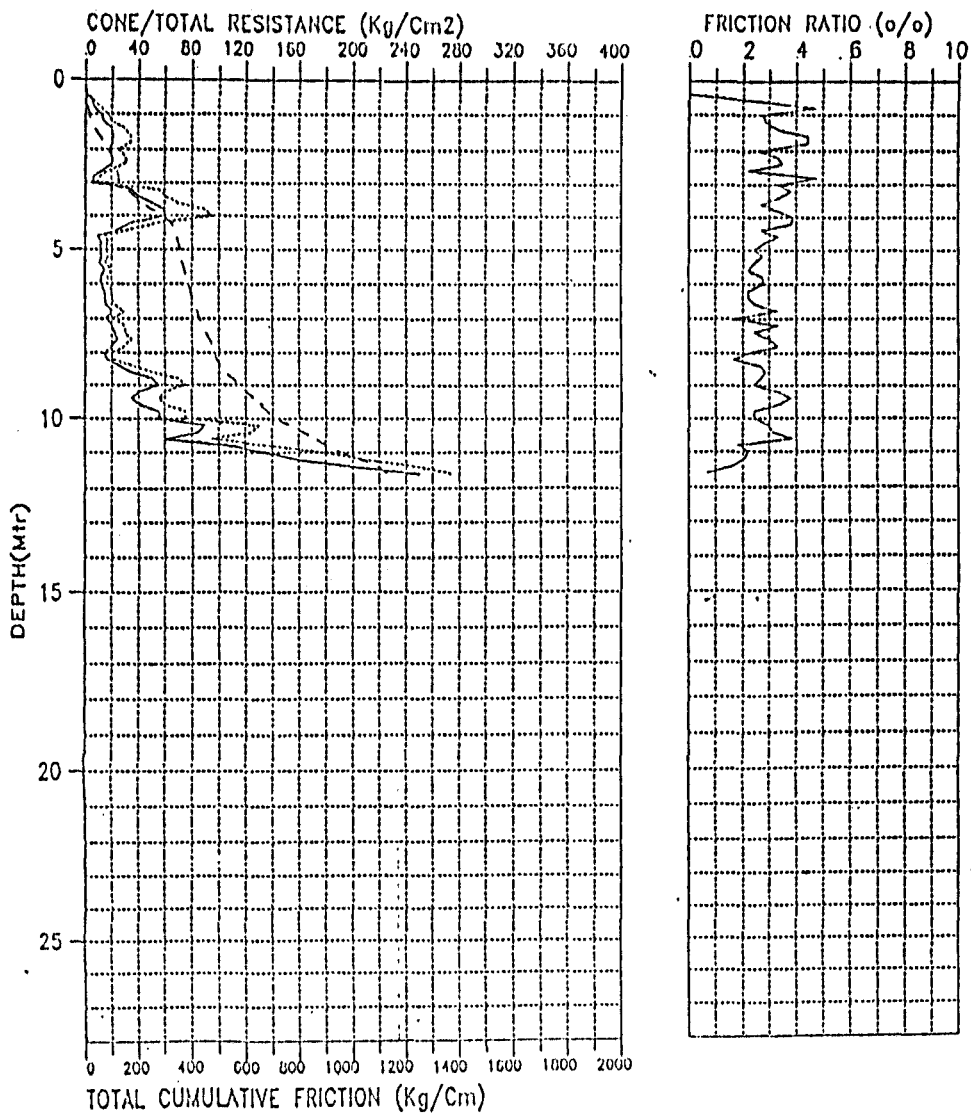
PROJECT : MIXED USE COMPLEX  
LOCATION : PECENONGAN, JAKARTA  
BORING NO. : BH.6  
ELEVATION :  
GROUND WATER LEVEL : - 0.50 H





## DUTCH CONE PENETRATION TEST

Project : MIXED USE COMPLEX  
Location : PECENONGAN  
DCPT No. : S. 13  
Elevation(m) :



LEGEND :  
Cone Resistance in Kg/Cm<sup>2</sup>



# **TUGAS AKHIR**

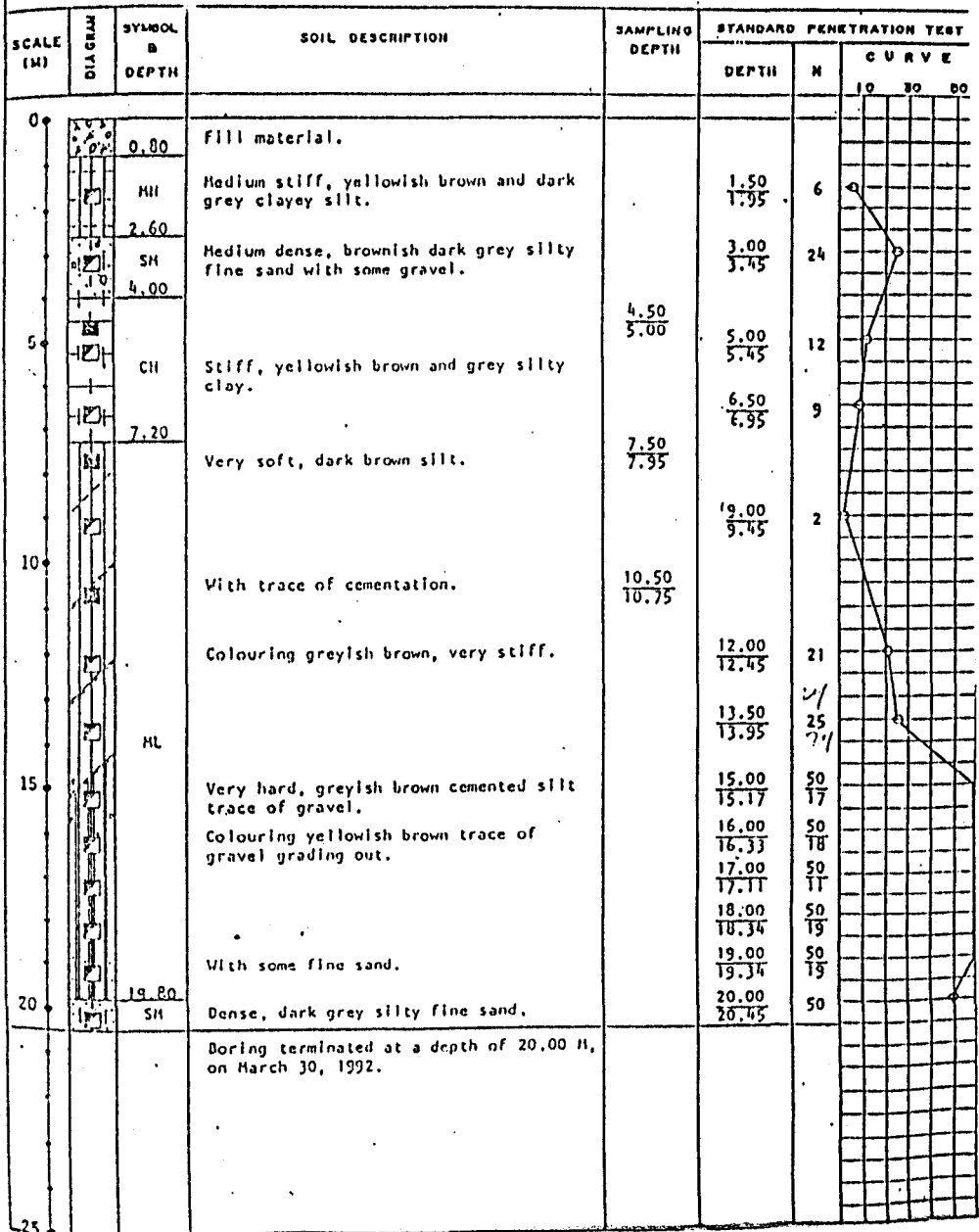
**LAMPIRAN A**

**ANALISA GEMPA**



## BORING PROFILE

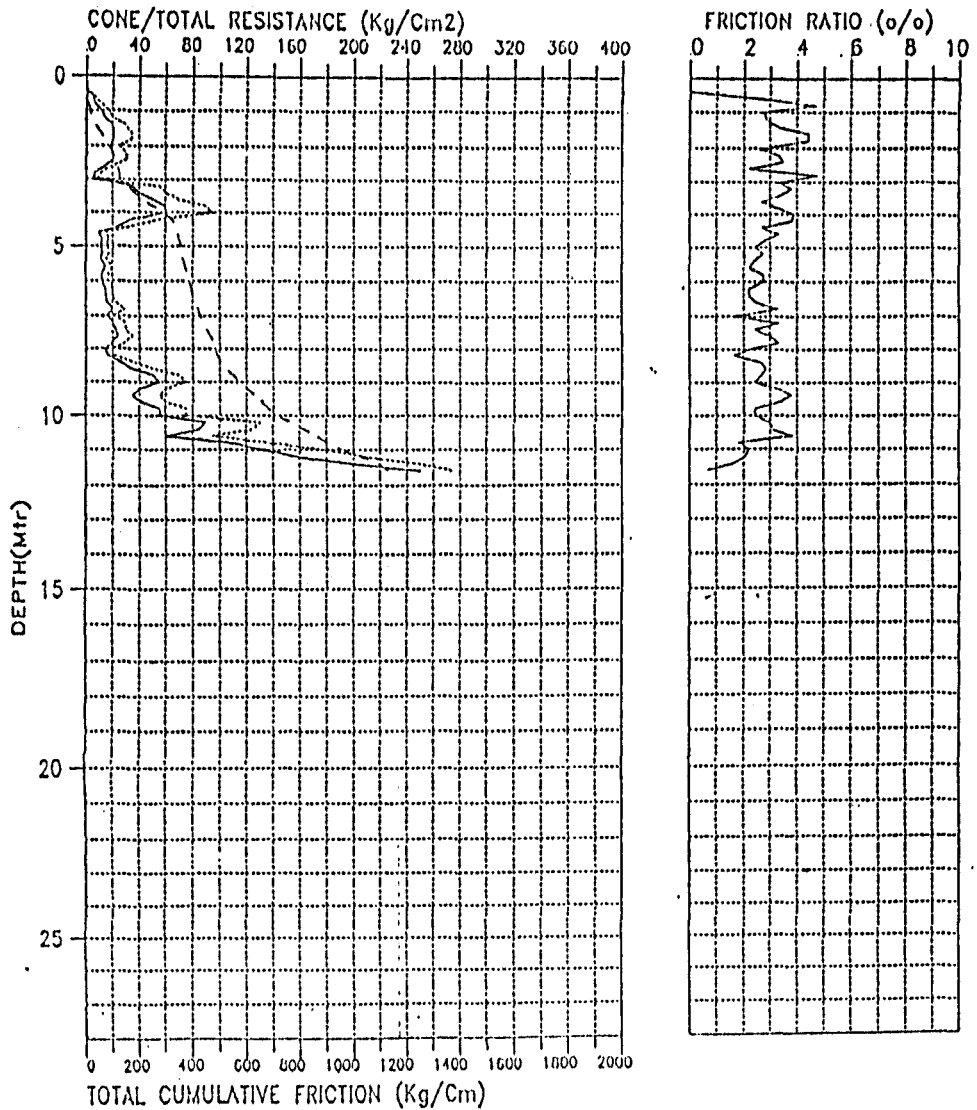
PROJECT : MIXED USE COMPLEX  
 LOCATION : PECENONGAN, JAKARTA  
 BORING NO. : DII.6  
 ELEVATION :  
 GROUND WATER LEVEL : - 0.50 M





## DUTCH CONE PENETRATION TEST

Project : MIXED USE COMPLEX  
Location : PECENONGAN  
DCPT No. : S. 13  
Elevation(m) :



LEGEND :  
Cone Resistance in Kg/Cm2



# **TUGAS AKHIR**

**LAMPIRAN B**

**INPUT DATA SAP 90**

## ANALISA PELAT LANTAI TIPE - A.2 (KG-M)

## SYSTEM

L=1 : BEBAN GRAVITASI

## JOINTS

1 X=0 Y=0  
9 X=4 Y=0  
91 X=0 Y=5  
99 X=4 Y=5 Q=1,9,91,99,1,9

## RESTRAINTS

1,99,1 R=1,1,0,0,0,1  
1,9,1 R=1,1,1,1,1,1  
1,91,9 R=1,1,1,1,1,1  
9,99,9 R=1,1,1,1,1,1  
91,99,1 R=1,1,1,1,1,1

## SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1  
1 E=2.35E9 W=2400 U=0.2  
1 JQ=1,2,10,11 M=1 ETYPE=2 TH=0.12 G=8,10

## POTENTIAL

1,99,1 P=959.2,959.2

## LOADS

C BEBAN TEMBOK (1700\*0.15\*3.88\*3)  
40,85,9 F=0,0,-494.7 : 2968.2/6  
C BEBAN TEMBOK (1700\*0.15\*3.88\*2.5)  
40,44,1 F=0,0,-494.7 : 2473.5/5



## ANALISA PELAT LANTAI TIPE - B.2 (KG-M)

## SYSTEM

L=1 : BEBAN GRAVITASI

## JOINTS

1 X=0 Y=0  
9 X=4 Y=0  
73 X=0 Y=4  
81 X=4 Y=4 Q=1,9,73,81,1,9

## RESTRAINTS

1,81,1 R=1,1,0,0,0,1  
1,9,1 R=1,1,1,1,1,1  
1,73,9 R=1,1,1,1,1,1  
9,81,9 R=1,1,1,1,1,1  
73,81,1 R=1,1,1,1,1,1

## SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1  
1 E=2.35E9 W=2400 U=0.2  
1 JQ=1,2,10,11 M=1 ETYPE=2 TH=0.12 G=8,8

## POTENTIAL

1,81,1 P=959.2,959.2

## LOADS

C BEBAN TEMBOK (1700\*.15\*3.88\*2.5)  
22,26,1 F=0,0,-494.7 : 2473.5/5  
C BEBAN TEMBOK (1700\*.15\*3.88\*3)  
22,67,9 F=0,0,-494.7 : 2968.2/6



## ANALISA TANGGA TIPE - A (KG-M)

## SYSTEM

L=1

## JOINTS

|    |     |       |     |                   |
|----|-----|-------|-----|-------------------|
| 1  | X=0 | Y=0   | Z=0 |                   |
| 9  | X=4 | Y=0   | Z=0 |                   |
| 28 | X=0 | Y=3.6 | Z=2 |                   |
| 36 | X=4 | Y=3.6 | Z=2 | Q=1,9,28,36,1,9   |
| 37 | X=0 | Y=4.4 | Z=2 |                   |
| 45 | X=4 | Y=4.4 | Z=2 |                   |
| 64 | X=0 | Y=8   | Z=4 |                   |
| 72 | X=4 | Y=8   | Z=4 | Q=37,45,64,72,1,9 |

## RESTRAINTS

|         |               |
|---------|---------------|
| 1,72,1  | R=0,0,0,0,0,0 |
| 1,9,1   | R=1,1,1,1,1,1 |
| 64,72,1 | R=1,1,1,0,1,1 |

## SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1

1 E=2.1E9

|    |                |     |         |          |       |
|----|----------------|-----|---------|----------|-------|
| 1  | JQ=1,2,10,11   | M=1 | ETYPE=0 | TH=0.214 | G=8,3 |
| 25 | JQ=28,29,37,38 | M=1 | ETYPE=0 | TH=0.14  | G=8,1 |
| 33 | JQ=37,38,46,47 | M=1 | ETYPE=0 | TH=0.214 | G=8,3 |

## POTENTIAL

|         |                     |
|---------|---------------------|
| 1,9,8   | P=344.168,344.168   |
| 2,8,1   | P=688.336,688.336   |
| 64,72,8 | P=344.168,344.168   |
| 65,71,1 | P=688.336,688.336   |
| 28,36,8 | P=688.336,688.336   |
| 37,45,8 | P=688.336,688.336   |
| 10,19,9 | P=688.336,688.336   |
| 18,27,9 | P=688.336,688.336   |
| 46,55,9 | P=688.336,688.336   |
| 54,63,9 | P=688.336,688.336   |
| 11,17,1 | P=1376.672,1376.672 |
| 20,26,1 | P=1376.672,1376.672 |
| 29,35,1 | P=1075.2,1075.2     |
| 38,44,1 | P=1075.2,1075.2     |
| 47,53,1 | P=1376.672,1376.672 |
| 56,62,1 | P=1376.672,1376.672 |



## ANALISA TANGGA TIPE - B (KG-M)

## SYSTEM

L=1

## JOINTS

|    |       |       |         |                   |
|----|-------|-------|---------|-------------------|
| 1  | X=0   | Y=0   | Z=0     |                   |
| 5  | X=2   | Y=0   | Z=0     |                   |
| 16 | X=0   | Y=3.6 | Z=2     |                   |
| 20 | X=2   | Y=3.6 | Z=2     | Q=1,5,16,20,1,5   |
| 21 | X=2.5 | Y=3.6 | Z=2     |                   |
| 24 | X=4   | Y=3.6 | Z=2     | G=21,24,1         |
| 25 | X=0   | Y=4.3 | Z=2     |                   |
| 33 | X=4   | Y=4.3 | Z=2     |                   |
| 34 | X=0   | Y=5   | Z=2     |                   |
| 42 | X=4   | Y=5   | Z=2     | Q=25,33,34,42,1,9 |
| 43 | X=2   | Y=0   | Z=4     |                   |
| 47 | X=4   | Y=0   | Z=4     |                   |
| 53 | X=2   | Y=2.4 | Z=2.667 |                   |
| 57 | X=4   | Y=2.4 | Z=2.667 | Q=43,47,53,57,1,5 |

## RESTRAINTS

|         |               |
|---------|---------------|
| 1,42,1  | R=0,0,0,0,0,0 |
| 43,57,1 | R=0,0,0,0,0,0 |
| 1,5,1   | R=1,1,1,1,1,1 |
| 34,42,1 | R=1,1,1,0,1,1 |
| 43,47,1 | R=1,1,1,1,1,1 |

## SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1

|    |                |     |         |                |
|----|----------------|-----|---------|----------------|
| 1  | E=2.1E9        |     |         |                |
| 1  | JQ=1,2,6,7     | M=1 | ETYPE=0 | TH=0.214 G=4,3 |
| 13 | JQ=16,17,25,26 | M=1 | ETYPE=0 | TH=0.14 G=8,2  |
| 29 | JQ=43,44,48,49 | M=1 | ETYPE=0 | TH=0.214 G=4,2 |
| 37 | JQ=53,54,20,21 | M=1 | ETYPE=0 | TH=0.214 G=4,1 |

## POTENTIAL

|         |                     |
|---------|---------------------|
| 1,5,4   | P=344.168,344.168   |
| 2,4,1   | P=688.336,688.336   |
| 43,47,4 | P=344.168,344.168   |
| 44,46,1 | P=688.336,688.336   |
| 34,42,8 | P=344.168,344.168   |
| 35,41,1 | P=688.336,688.336   |
| 6,11,5  | P=688.336,688.336   |
| 10,15,5 | P=688.336,688.336   |
| 16,25,9 | P=688.336,688.336   |
| 24,33,9 | P=688.336,688.336   |
| 48,53,5 | P=688.336,688.336   |
| 52,57,5 | P=688.336,688.336   |
| 7,9,1   | P=1376.672,1376.672 |
| 12,14,1 | P=1376.672,1376.672 |
| 49,51,1 | P=1376.672,1376.672 |



54,56,1 P=1376.672,1376.672

16,24,1 P=1376.672,1376.672

26,32,1 P=1075.2,1075.2





## ANALISA TANGGA TIPE - C (KG-M)

## SYSTEM

L=1

## JOINTS

|    |         |       |         |                   |
|----|---------|-------|---------|-------------------|
| 1  | X=0     | Y=0   | Z=0     |                   |
| 5  | X=1.5   | Y=0   | Z=0     |                   |
| 16 | X=0     | Y=3.6 | Z=2     |                   |
| 20 | X=1.5   | Y=3.6 | Z=2     | Q=1,5,16,20,1,5   |
| 21 | X=1.875 | Y=3.6 | Z=2     |                   |
| 24 | X=3     | Y=3.6 | Z=2     | G=21,24,1         |
| 25 | X=0     | Y=4.3 | Z=2     |                   |
| 33 | X=3     | Y=4.3 | Z=2     |                   |
| 34 | X=0     | Y=5   | Z=2     |                   |
| 42 | X=3     | Y=5   | Z=2     | Q=25,33,34,42,1,9 |
| 43 | X=1.5   | Y=0   | Z=4     |                   |
| 47 | X=3     | Y=0   | Z=4     |                   |
| 53 | X=1.5   | Y=2.4 | Z=2.667 |                   |
| 57 | X=3     | Y=2.4 | Z=2.667 | Q=43,47,53,57,1,5 |

## RESTRAINTS

|         |               |
|---------|---------------|
| 1,42,1  | R=0,0,0,0,0,0 |
| 43,57,1 | R=0,0,0,0,0,0 |
| 1,5,1   | R=1,1,1,1,1,1 |
| 34,42,1 | R=1,1,1,0,1,1 |
| 43,47,4 | R=1,1,1,1,1,1 |

## SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1

|    |                |                            |
|----|----------------|----------------------------|
| 1  | E=2.1E9        |                            |
| 1  | JQ=1,2,6,7     | M=1 ETYPE=0 TH=0.214 G=4,3 |
| 13 | JQ=16,17,25,26 | M=1 ETYPE=0 TH=0.14 G=8,2  |
| 29 | JQ=43,44,48,49 | M=1 ETYPE=0 TH=0.214 G=4,2 |
| 37 | JQ=53,54,20,21 | M=1 ETYPE=0 TH=0.214 G=4,1 |

## POTENTIAL

|         |                     |
|---------|---------------------|
| 1,5,4   | P=344.168,344.168   |
| 34,42,8 | P=344.168,344.168   |
| 43,47,4 | P=344.168,344.168   |
| 2,4,1   | P=688.336,688.336   |
| 35,41,1 | P=688.336,688.336   |
| 42,46,1 | P=688.336,688.336   |
| 6,11,5  | P=688.336,688.336   |
| 10,15,5 | P=688.336,688.336   |
| 16,25,9 | P=688.336,688.336   |
| 24,33,9 | P=688.336,688.336   |
| 48,53,5 | P=688.336,688.336   |
| 52,57,5 | P=688.336,688.336   |
| 7,9,1   | P=1376.672,1376.672 |
| 12,14,1 | P=1376.672,1376.672 |
| 17,23,1 | P=1376.672,1376.672 |



|         |                     |
|---------|---------------------|
| 26,32,1 | P=1075.2,1075.2     |
| 49,51,1 | P=1376.672,1376.672 |
| 54,56,1 | P=1376.672,1376.672 |



## ANALISA BALOK ANAK LANTAI 1,2 DAN 3 (KG-M)

## SYSTEM

L=1

## JOINTS

|     |        |      |     |                   |
|-----|--------|------|-----|-------------------|
| 1   | X=4    | Y=0  | Z=0 |                   |
| 7   | X=52   | Y=0  | Z=0 | G=1,7,1           |
| 8   | X=0    | Y=5  | Z=0 |                   |
| 22  | X=56   | Y=5  | Z=0 |                   |
| 23  | X=0    | Y=10 | Z=0 |                   |
| 37  | X=56   | Y=10 | Z=0 | Q=8,22,23,37,1,15 |
| 38  | X=4    | Y=15 | Z=0 |                   |
| 44  | X=52   | Y=15 | Z=0 | G=38,44,1         |
| 45  | X=0    | Y=19 | Z=0 |                   |
| 49  | X=16   | Y=19 | Z=0 | G=45,49,1         |
| 50  | X=16   | Y=18 | Z=0 |                   |
| 51  | X=20   | Y=18 | Z=0 |                   |
| 52  | X=20   | Y=19 | Z=0 |                   |
| 56  | X=36   | Y=19 | Z=0 | G=52,56,1         |
| 57  | X=36   | Y=18 | Z=0 |                   |
| 58  | X=40   | Y=18 | Z=0 |                   |
| 59  | X=40   | Y=19 | Z=0 |                   |
| 63  | X=56   | Y=19 | Z=0 | G=59,63,1         |
| 64  | X=4    | Y=23 | Z=0 |                   |
| 70  | X=52   | Y=23 | Z=0 | G=64,70,1         |
| 71  | X=0    | Y=27 | Z=0 |                   |
| 73  | X=8    | Y=27 | Z=0 | G=71,73,1         |
| 74  | X=8    | Y=28 | Z=0 |                   |
| 75  | X=12   | Y=28 | Z=0 |                   |
| 76  | X=13   | Y=28 | Z=0 |                   |
| 77  | X=16   | Y=28 | Z=0 |                   |
| 78  | X=16   | Y=27 | Z=0 |                   |
| 84  | X=40   | Y=27 | Z=0 | G=78,84,1         |
| 85  | X=40   | Y=28 | Z=0 |                   |
| 86  | X=43   | Y=28 | Z=0 |                   |
| 87  | X=44   | Y=28 | Z=0 |                   |
| 88  | X=48   | Y=28 | Z=0 |                   |
| 89  | X=48   | Y=27 | Z=0 |                   |
| 91  | X=56   | Y=27 | Z=0 | G=89,91,1         |
| 92  | X=4    | Y=31 | Z=0 |                   |
| 93  | X=10.5 | Y=31 | Z=0 |                   |
| 94  | X=13   | Y=31 | Z=0 |                   |
| 95  | X=13.5 | Y=31 | Z=0 |                   |
| 96  | X=20   | Y=31 | Z=0 |                   |
| 98  | X=36   | Y=31 | Z=0 | G=96,98,1         |
| 99  | X=42.5 | Y=31 | Z=0 |                   |
| 100 | X=43   | Y=31 | Z=0 |                   |
| 101 | X=45.5 | Y=31 | Z=0 |                   |
| 102 | X=52   | Y=31 | Z=0 |                   |
| 103 | X=0    | Y=35 | Z=0 |                   |
| 105 | X=8    | Y=35 | Z=0 | G=103,105,1       |



|     |        |      |     |             |
|-----|--------|------|-----|-------------|
| 106 | X=10.5 | Y=33 | Z=0 |             |
| 107 | X=13.5 | Y=33 | Z=0 |             |
| 108 | X=8    | Y=36 | Z=0 |             |
| 109 | X=10.5 | Y=36 | Z=0 |             |
| 110 | X=13.5 | Y=36 | Z=0 |             |
| 111 | X=16   | Y=36 | Z=0 |             |
| 112 | X=16   | Y=35 | Z=0 |             |
| 118 | X=40   | Y=35 | Z=0 | G=112,118,1 |
| 119 | X=42.5 | Y=33 | Z=0 |             |
| 120 | X=45.5 | Y=33 | Z=0 |             |
| 121 | X=40   | Y=36 | Z=0 |             |
| 122 | X=42.5 | Y=36 | Z=0 |             |
| 123 | X=45.5 | Y=36 | Z=0 |             |
| 124 | X=48   | Y=36 | Z=0 |             |
| 125 | X=48   | Y=35 | Z=0 |             |
| 127 | X=56   | Y=35 | Z=0 | G=125,127,1 |
| 128 | X=4    | Y=39 | Z=0 |             |
| 129 | X=10.5 | Y=39 | Z=0 |             |
| 130 | X=13.5 | Y=39 | Z=0 |             |
| 131 | X=20   | Y=39 | Z=0 |             |
| 133 | X=36   | Y=39 | Z=0 | G=131,133,1 |
| 134 | X=42.5 | Y=39 | Z=0 |             |
| 135 | X=45.5 | Y=39 | Z=0 |             |
| 136 | X=52   | Y=39 | Z=0 |             |

## RESTRAINTS

|           |               |                                               |
|-----------|---------------|-----------------------------------------------|
| 1,7,1     | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 8,22,14   | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 9,21,2    | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok An.1                      |
| 10,20,2   | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk pratekan            |
| 23,37,14  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 24,36,2   | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                 |
| 25,35,2   | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk pratekan            |
| 38,44,1   | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 45,45,0   | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 63,63,0   | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 47,61,14  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 49,59,10  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 50,51,1   | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk dan balok anak An.1 |
| 52,56,4   | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                 |
| 53,55,2   | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 57,58,1   | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                 |
| 64,70,1   | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 71,73,2   | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 74,77,3   | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 75,87,12  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                 |
| 76,86,10  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok Anak An.1                 |
| 78,84,6   | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 80,82,2   | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 85,88,3   | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 89,91,2   | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |
| 92,102,10 | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                     |



|           |               |                                                 |
|-----------|---------------|-------------------------------------------------|
| 93,101,8  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 94,100,6  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 95,99,4   | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 96,98,1   | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 103,105,2 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk dan <i>shear wall</i> |
| 106,107,1 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 108,111,3 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 109,110,1 | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 112,118,6 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 114,116,2 | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 119,120,1 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpusn pada <i>shear wall</i>                 |
| 121,124,3 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 122,123,1 | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 125,127,2 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i> dan balok induk |
| 128,136,8 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 129,130,1 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 131,133,1 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 134,135,1 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |

FRAME

NM=5 NL=12 Z=-1 NSEC=3

|    |                  |                                 |         |                  |                                           |
|----|------------------|---------------------------------|---------|------------------|-------------------------------------------|
| 1  | SH=R             | T=0.35,0.65                     | E=2.1E9 | W=2400*0.35*0.65 | :GRID 35x65                               |
| 2  | SH=R             | T=0.35,0.65                     | E=2.1E9 | W=2400*0.35*0.65 | :An1 35x65                                |
| 3  | SH=R             | T=0.25,0.45                     | E=2.1E9 | W=2400*0.25*0.45 | :An2 25x45                                |
| 4  | SH=R             | T=0.20,0.35                     | E=2.1E9 | W=2400*0.20*0.35 | :An3 20x35                                |
| 5  | SH=R             | T=0.15,0.30                     | E=2.1E9 | W=2400*0.15*0.30 | :An4 15x30                                |
| 1  | WG=0,0,-2557.866 |                                 |         |                  | :beban segi tiga (2) 4 m                  |
| 2  | WG=0,0,-5115.734 | PLD=4,-5538.282,0               |         |                  | :beban dua segi tiga (2) 4 m              |
| 3  | WG=0,0,-3836.8   | PLD=3,0,-8872.151,4,0,-2286.5   |         |                  | :beban dua segi tiga (1) 4 m              |
| 4  | WG=0,0,-3517.067 | PLD=3,-7250.351,0,4,-4368.283,0 |         |                  | :beban dua segi tiga (1) 4 m              |
| 5  | WG=0,0,-3517.067 | PLD=4,-4368.283,0,5,-7250.351,0 |         |                  | :beban dua segi tiga (1) 4 m              |
| 6  | WG=0,0,-1918.4   | PLD=4,-4484.4,0                 |         |                  | :beban segi tiga (2) 3 m                  |
| 7  | WG=0,0,-5576.526 |                                 |         |                  | :beban trapesium (1) 3 m dan tangga 2 m   |
| 8  | WG=0,0,-5366.701 |                                 |         |                  | :beban segi tiga (1) 3 m dan tangga 1.5 m |
| 9  | WG=0,0,-3018.282 |                                 |         |                  | :beban trapesium (2) 4 m                  |
| 10 | WG=0,0,-2557.867 |                                 |         |                  | :beban dua segi tiga (1) 4 m              |
| 11 | WG=0,0,-1918.4   |                                 |         |                  | :beban segi tiga (2) 3 m                  |
| 12 | WG=0,0,-959.2    |                                 |         |                  | :beban segi tiga (1) 3 m                  |

C ----- BALOK ANAK -----

|          |     |        |       |           |
|----------|-----|--------|-------|-----------|
| 1,1,9    | M=3 | LP=1,0 | NSL=9 | G=6,1,1,2 |
| 8,10,8   | M=2 | LP=2,0 | NSL=2 | G=6,1,2,2 |
| 15,9,24  | M=3 | LP=1,0 | NSL=9 | G=6,1,2,2 |
| 22,25,23 | M=2 | LP=2,0 | NSL=2 | G=6,1,2,2 |
| 29,24,38 | M=3 | LP=1,0 | NSL=9 | G=6,1,2,1 |
| 36,38,46 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1 | G=1,1,1,2 |
| 38,40,66 | M=2 | LP=1,0 | NSL=3 | G=1,2,2,2 |
| 39,41,54 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1 |           |
| 41,43,60 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1 | G=1,1,1,2 |
| 43,46,45 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1 | G=3,1,1,1 |
| 47,51,50 | M=4 | LP=2,0 | NSL=7 | G=1,5,7,7 |
| 48,53,52 | M=4 | LP=2,0 | NSL=1 | G=3,1,1,1 |
| 53,60,59 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1 | G=3,1,1,1 |



|             |     |        |        |             |
|-------------|-----|--------|--------|-------------|
| 57,46,64    | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=1,1,2,1   |
| 59,54,67    | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  |             |
| 60,60,69    | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=1,1,2,1   |
| 62,64,72    | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=1,6,6,18  |
| 63,65,75    | M=3 | LP=1,0 | NSL=9  | G=1,4,4,12  |
| 64,66,79    | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=2,1,1,2   |
| 69,72,71    | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 71,77,74    | M=2 | LP=2,0 | NSL=4  |             |
| 78,88,85    | M=2 | LP=2,0 | NSL=5  |             |
| 72,79,78    | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=5,1,1,1   |
| 79,90,89    | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 81,72,92    | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=1,6,18,10 |
| 82,76,94    | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,4,10,6  |
| 83,79,96    | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=2,1,2,1   |
| 88,92,104   | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=1,8,10,22 |
| 89,93,106   | M=5 | LP=1,0 | NSL=12 | G=1,1,2,1   |
| 91,96,113   | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=2,1,1,2   |
| 94,99,119   | M=5 | LP=1,0 | NSL=12 | G=1,1,2,1   |
| 97,104,103  | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 99,107,106  | M=5 | LP=2,0 | NSL=11 | G=1,7,13,13 |
| 100,113,112 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=5,1,1,1   |
| 107,126,125 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 109,104,128 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=1,8,22,8  |
| 110,106,109 | M=5 | LP=1,0 | NSL=12 | G=1,1,1,1   |
| 112,113,131 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=2,1,2,1   |
| 115,119,122 | M=5 | LP=1,0 | NSL=12 | G=1,1,1,1   |
| 118,111,108 | M=2 | LP=2,0 | NSL=6  | G=1,1,13,13 |
| 120,109,129 | M=5 | LP=1,0 | NSL=12 | G=1,1,1,1   |
| 122,122,134 | M=5 | LP=1,0 | NSL=12 | G=1,1,1,1   |



## ANALISA BALOK ANAK LANTAI MEZZANINE (KG-M)

## SYSTEM

L=1

## JOINTS

|    |        |      |     |           |
|----|--------|------|-----|-----------|
| 1  | X=4    | Y=0  | Z=0 |           |
| 7  | X=52   | Y=0  | Z=0 | G=1,7,1   |
| 8  | X=0    | Y=4  | Z=0 |           |
| 22 | X=56   | Y=4  | Z=0 | G=8,22,1  |
| 23 | X=4    | Y=8  | Z=0 |           |
| 29 | X=52   | Y=8  | Z=0 | G=23,29,1 |
| 30 | X=0    | Y=12 | Z=0 |           |
| 32 | X=8    | Y=12 | Z=0 | G=30,32,1 |
| 33 | X=8    | Y=13 | Z=0 |           |
| 34 | X=12   | Y=13 | Z=0 |           |
| 35 | X=13   | Y=13 | Z=0 |           |
| 36 | X=16   | Y=13 | Z=0 |           |
| 37 | X=16   | Y=12 | Z=0 |           |
| 43 | X=40   | Y=12 | Z=0 | G=37,43,1 |
| 44 | X=40   | Y=13 | Z=0 |           |
| 45 | X=43   | Y=13 | Z=0 |           |
| 46 | X=44   | Y=13 | Z=0 |           |
| 47 | X=48   | Y=13 | Z=0 |           |
| 48 | X=48   | Y=12 | Z=0 |           |
| 50 | X=56   | Y=12 | Z=0 | G=48,50,1 |
| 51 | X=4    | Y=16 | Z=0 |           |
| 52 | X=10.5 | Y=16 | Z=0 |           |
| 53 | X=13   | Y=16 | Z=0 |           |
| 54 | X=13.5 | Y=16 | Z=0 |           |
| 55 | X=20   | Y=16 | Z=0 |           |
| 57 | X=36   | Y=16 | Z=0 | G=55,57,1 |
| 58 | X=42.5 | Y=16 | Z=0 |           |
| 59 | X=43   | Y=16 | Z=0 |           |
| 60 | X=45.5 | Y=16 | Z=0 |           |
| 61 | X=52   | Y=16 | Z=0 |           |
| 62 | X=0    | Y=20 | Z=0 |           |
| 64 | X=8    | Y=20 | Z=0 | G=62,64,1 |
| 65 | X=10.5 | Y=18 | Z=0 |           |
| 66 | X=13.5 | Y=18 | Z=0 |           |
| 67 | X=8    | Y=21 | Z=0 |           |
| 68 | X=10.5 | Y=21 | Z=0 |           |
| 69 | X=13.5 | Y=21 | Z=0 |           |
| 70 | X=16   | Y=21 | Z=0 |           |
| 71 | X=16   | Y=20 | Z=0 |           |
| 77 | X=40   | Y=20 | Z=0 | G=71,77,1 |
| 78 | X=42.5 | Y=18 | Z=0 |           |
| 79 | X=45.5 | Y=18 | Z=0 |           |
| 80 | X=40   | Y=21 | Z=0 |           |
| 81 | X=42.5 | Y=21 | Z=0 |           |
| 82 | X=45.5 | Y=21 | Z=0 |           |
| 83 | X=48   | Y=21 | Z=0 |           |



|    |        |      |     |           |
|----|--------|------|-----|-----------|
| 84 | X=48   | Y=20 | Z=0 |           |
| 86 | X=56   | Y=20 | Z=0 | G=84,86,1 |
| 87 | X=4    | Y=24 | Z=0 |           |
| 88 | X=10.5 | Y=24 | Z=0 |           |
| 89 | X=13.5 | Y=24 | Z=0 |           |
| 90 | X=20   | Y=24 | Z=0 |           |
| 92 | X=36   | Y=24 | Z=0 | G=90,92,1 |
| 93 | X=42.5 | Y=24 | Z=0 |           |
| 94 | X=45.5 | Y=24 | Z=0 |           |
| 95 | X=52   | Y=24 | Z=0 |           |

## RESTRAINTS

|          |               |                                                 |
|----------|---------------|-------------------------------------------------|
| 1,7,1    | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 8,22,14  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 10,20,2  | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 23,29,1  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 30,32,2  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 33,36,3  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 34,46,12 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 35,45,10 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 37,43,6  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 39,41,2  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 44,47,3  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 48,50,2  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 51,61,10 | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 52,60,8  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 53,59,6  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 54,58,4  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 55,57,1  | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 62,64,2  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk dan <i>shear wall</i> |
| 65,66,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 67,70,3  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 68,69,1  | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 71,77,6  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 73,75,2  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 78,79,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 80,83,3  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 81,82,1  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 84,86,2  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i> dan balok induk |
| 87,95,8  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 88,89,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 90,92,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 93,94,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |

## FRAME

NM=5 NL=10 Z=-1 NSEC=3

|   |      |             |         |                  |             |
|---|------|-------------|---------|------------------|-------------|
| 1 | SH=R | T=0.35,0.65 | E=2.1E9 | W=2400*0.35*0.65 | :GRID 35x65 |
| 2 | SH=R | T=0.35,0.65 | E=2.1E9 | W=2400*0.35*0.65 | :An1 35x65  |
| 3 | SH=R | T=0.25,0.45 | E=2.1E9 | W=2400*0.25*0.45 | :An2 25x45  |
| 4 | SH=R | T=0.20,0.35 | E=2.1E9 | W=2400*0.20*0.35 | :An3 20x35  |
| 5 | SH=R | T=0.15,0.30 | E=2.1E9 | W=2400*0.15*0.30 | :An4 15x30  |





|    |                  |                                 |  |                                           |
|----|------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------------|
| 1  | WG=0,0,-2557.866 |                                 |  | :beban segi tiga (2) 4 m                  |
| 2  | WG=0,0,-2557.866 | PLD=1,0,-2968.2                 |  | :beban segi tiga (2) 4 m                  |
| 3  | WG=0,0,-2557.866 | PLD=3,0,-2968.2                 |  | :beban segi tiga (2) 4 m                  |
| 4  | WG=0,0,-3517.067 | PLD=4,-4368.284,0,5,-7250.352,0 |  | :beban segi tiga (1) 3 m                  |
| 5  | WG=0,0,-3517.067 | PLD=3,-7250.352,0,4,-4368.284,0 |  | :beban dua segi tiga (1) 4 m              |
| 6  | WG=0,0,-1918.4   | PLD=4,-4484.8,0                 |  | :beban segi tiga (2) 3 m                  |
| 7  | WG=0,0,-3018.282 | PLD=3,0,-2968.2                 |  | :beban trapesium (2) 4 m                  |
| 8  | WG=0,0,-959.2    |                                 |  | :beban segi tiga (1) 3 m                  |
| 9  | WG=0,0,-5366.701 |                                 |  | :beban segi tiga (1) 3 m dan tangga 1.5 m |
| 10 | WG=0,0,-1776.296 |                                 |  | :beban trapesium (1) 2 m                  |

C ----- BALOK ANAK -----

|          |     |        |        |             |
|----------|-----|--------|--------|-------------|
| 1,1,9    | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=6,1,1,2   |
| 8,9,8    | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=13,1,1,1  |
| 22,9,23  | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=6,1,2,1   |
| 29,23,3  | M=1 | LP=1,0 | NSL=3  | G=1,6,6,18  |
| 30,24,34 | M=3 | LP=1,0 | NSL=7  | G=1,4,4,12  |
| 31,25,38 | M=1 | LP=1,0 | NSL=3  | G=2,1,1,2   |
| 36,31,30 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 38,36,33 | M=2 | LP=2,0 | NSL=5  |             |
| 45,47,44 | M=2 | LP=2,0 | NSL=4  |             |
| 39,38,37 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=5,1,1,1   |
| 46,49,48 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 48,31,51 | M=1 | LP=1,0 | NSL=2  | G=1,6,18,10 |
| 49,35,53 | M=5 | LP=1,0 | NSL=9  | G=1,4,10,6  |
| 50,38,55 | M=1 | LP=1,0 | NSL=2  | G=2,1,2,1   |
| 55,51,63 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=1,8,10,22 |
| 56,52,65 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,2,1   |
| 58,55,72 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=2,1,1,2   |
| 61,58,78 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,2,1   |
| 64,63,62 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 66,66,65 | M=5 | LP=2,0 | NSL=10 | G=1,7,13,13 |
| 67,72,71 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=5,1,1,1   |
| 74,85,84 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 76,63,87 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=1,8,22,8  |
| 77,65,68 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,1,1   |
| 79,72,90 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=2,1,2,1   |
| 82,78,81 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,1,1   |
| 85,70,67 | M=2 | LP=2,0 | NSL=6  | G=1,1,13,13 |
| 87,68,88 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,1,1   |
| 89,81,93 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,1,1   |



## ANALISA BALOK ANAK LANTAI 4 s/d 8 (TIPIKAL) (KG-M)

## SYSTEM

L=1

## JOINTS

|    |        |      |     |           |
|----|--------|------|-----|-----------|
| 1  | X=4    | Y=0  | Z=0 |           |
| 7  | X=52   | Y=0  | Z=0 | G=1,7,1   |
| 8  | X=0    | Y=4  | Z=0 |           |
| 22 | X=56   | Y=4  | Z=0 | G=8,22,1  |
| 23 | X=4    | Y=8  | Z=0 |           |
| 29 | X=52   | Y=8  | Z=0 | G=23,29,1 |
| 30 | X=0    | Y=12 | Z=0 |           |
| 32 | X=8    | Y=12 | Z=0 | G=30,32,1 |
| 33 | X=8    | Y=13 | Z=0 |           |
| 34 | X=12   | Y=13 | Z=0 |           |
| 35 | X=13   | Y=13 | Z=0 |           |
| 36 | X=16   | Y=13 | Z=0 |           |
| 37 | X=16   | Y=12 | Z=0 |           |
| 43 | X=40   | Y=12 | Z=0 | G=37,43,1 |
| 44 | X=40   | Y=13 | Z=0 |           |
| 45 | X=43   | Y=13 | Z=0 |           |
| 46 | X=44   | Y=13 | Z=0 |           |
| 47 | X=48   | Y=13 | Z=0 |           |
| 48 | X=48   | Y=12 | Z=0 |           |
| 50 | X=56   | Y=12 | Z=0 | G=48,50,1 |
| 51 | X=4    | Y=16 | Z=0 |           |
| 52 | X=10.5 | Y=16 | Z=0 |           |
| 53 | X=13   | Y=16 | Z=0 |           |
| 54 | X=13.5 | Y=16 | Z=0 |           |
| 55 | X=20   | Y=16 | Z=0 |           |
| 57 | X=36   | Y=16 | Z=0 | G=55,57,1 |
| 58 | X=42.5 | Y=16 | Z=0 |           |
| 59 | X=43   | Y=16 | Z=0 |           |
| 60 | X=45.5 | Y=16 | Z=0 |           |
| 61 | X=52   | Y=16 | Z=0 |           |
| 62 | X=0    | Y=20 | Z=0 |           |
| 64 | X=8    | Y=20 | Z=0 | G=62,64,1 |
| 65 | X=10.5 | Y=18 | Z=0 |           |
| 66 | X=13.5 | Y=18 | Z=0 |           |
| 67 | X=8    | Y=21 | Z=0 |           |
| 68 | X=10.5 | Y=21 | Z=0 |           |
| 69 | X=13.5 | Y=21 | Z=0 |           |
| 70 | X=16   | Y=21 | Z=0 |           |
| 71 | X=16   | Y=20 | Z=0 |           |
| 77 | X=40   | Y=20 | Z=0 | G=71,77,1 |
| 78 | X=42.5 | Y=18 | Z=0 |           |
| 79 | X=45.5 | Y=18 | Z=0 |           |
| 80 | X=40   | Y=21 | Z=0 |           |
| 81 | X=42.5 | Y=21 | Z=0 |           |
| 82 | X=45.5 | Y=21 | Z=0 |           |
| 83 | X=48   | Y=21 | Z=0 |           |



|    |        |      |     |           |
|----|--------|------|-----|-----------|
| 84 | X=48   | Y=20 | Z=0 |           |
| 86 | X=56   | Y=20 | Z=0 | G=84,86,1 |
| 87 | X=4    | Y=24 | Z=0 |           |
| 88 | X=10.5 | Y=24 | Z=0 |           |
| 89 | X=13.5 | Y=24 | Z=0 |           |
| 90 | X=20   | Y=24 | Z=0 |           |
| 92 | X=36   | Y=24 | Z=0 | G=90,92,1 |
| 93 | X=42.5 | Y=24 | Z=0 |           |
| 94 | X=45.5 | Y=24 | Z=0 |           |
| 95 | X=52   | Y=24 | Z=0 |           |

## RESTRAINTS

|          |               |                                                 |
|----------|---------------|-------------------------------------------------|
| 1,7,1    | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 8,22,14  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 10,20,2  | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 23,29,1  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 30,32,2  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 33,36,3  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 34,46,12 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 35,45,10 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 37,43,6  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 39,41,2  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 44,47,3  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 48,50,2  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 51,61,10 | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 52,60,8  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 53,59,6  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 54,58,4  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 55,57,1  | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 62,64,2  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk dan <i>shear wall</i> |
| 65,66,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 67,70,3  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 68,69,1  | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 71,77,6  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 73,75,2  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 78,79,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 80,83,3  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 81,82,1  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 84,86,2  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i> dan balok induk |
| 87,95,8  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 88,89,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 90,92,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 93,94,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |

## FRAME

NM=5 NL=10 Z=-1 NSEC=3

|   |      |             |         |                  |             |
|---|------|-------------|---------|------------------|-------------|
| 1 | SH=R | T=0.35,0.65 | E=2.1E9 | W=2400*0.35*0.65 | :GRID 35x65 |
| 2 | SH=R | T=0.35,0.65 | E=2.1E9 | W=2400*0.35*0.65 | :An1 35x65  |
| 3 | SH=R | T=0.25,0.45 | E=2.1E9 | W=2400*0.25*0.45 | :An2 25x45  |
| 4 | SH=R | T=0.20,0.35 | E=2.1E9 | W=2400*0.20*0.35 | :An3 20x35  |
| 5 | SH=R | T=0.15,0.30 | E=2.1E9 | W=2400*0.15*0.30 | :An4 15x30  |



|    |                  |                                 |  |                                           |
|----|------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------------|
| 1  | WG=0,0,-2557.866 |                                 |  | :beban segi tiga (2) 4 m                  |
| 2  | WG=0,0,-2557.866 | PLD=1,0,-2968.2                 |  | :beban segi tiga (2) 4 m                  |
| 3  | WG=0,0,-2557.866 | PLD=3,0,-2968.2                 |  | :beban segi tiga (2) 4 m                  |
| 4  | WG=0,0,-3517.067 | PLD=4,-4368.284,0,5,-7250.352,0 |  | :beban segi tiga (1) 3 m                  |
| 5  | WG=0,0,-3517.067 | PLD=3,-7250.352,0,4,-4368.284,0 |  | :beban dua segi tiga (1) 4 m              |
| 6  | WG=0,0,-1918.4   | PLD=4,-4484.8,0                 |  | :beban segi tiga (2) 3 m                  |
| 7  | WG=0,0,-3018.282 | PLD=3,0,-2968.2                 |  | :beban trapesium (2) 4 m                  |
| 8  | WG=0,0,-959.2    |                                 |  | :beban segi tiga (1) 3 m                  |
| 9  | WG=0,0,-5366.701 |                                 |  | :beban segi tiga (1) 3 m dan tangga 1.5 m |
| 10 | WG=0,0,-1776.296 |                                 |  | :beban trapesium (1) 2 m                  |

C ----- BALOK ANAK -----

|          |     |        |        |             |
|----------|-----|--------|--------|-------------|
| 1,1,9    | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=6,1,1,2   |
| 8,9,8    | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=13,1,1,1  |
| 22,9,23  | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=6,1,2,1   |
| 29,23,3  | M=1 | LP=1,0 | NSL=3  | G=1,6,6,18  |
| 30,24,34 | M=3 | LP=1,0 | NSL=7  | G=1,4,4,12  |
| 31,25,38 | M=1 | LP=1,0 | NSL=3  | G=2,1,1,2   |
| 36,31,30 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 38,36,33 | M=2 | LP=2,0 | NSL=5  |             |
| 45,47,44 | M=2 | LP=2,0 | NSL=4  |             |
| 39,38,37 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=5,1,1,1   |
| 46,49,48 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 48,31,51 | M=1 | LP=1,0 | NSL=2  | G=1,6,18,10 |
| 49,35,53 | M=5 | LP=1,0 | NSL=9  | G=1,4,10,6  |
| 50,38,55 | M=1 | LP=1,0 | NSL=2  | G=2,1,2,1   |
| 55,51,63 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=1,8,10,22 |
| 56,52,65 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,2,1   |
| 58,55,72 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=2,1,1,2   |
| 61,58,78 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,2,1   |
| 64,63,62 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 66,66,65 | M=5 | LP=2,0 | NSL=10 | G=1,7,13,13 |
| 67,72,71 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=5,1,1,1   |
| 74,85,84 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 76,63,87 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=1,8,22,8  |
| 77,65,68 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,1,1   |
| 79,72,90 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=2,1,2,1   |
| 82,78,81 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,1,1   |
| 85,70,67 | M=2 | LP=2,0 | NSL=6  | G=1,1,13,13 |
| 87,68,88 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,1,1   |
| 89,81,93 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,1,1   |



ANALISA BALOK ANAK LANTAI ATAP (KG-M)

SYSTEM  
L=1

JOINTS

|    |        |      |     |           |
|----|--------|------|-----|-----------|
| 1  | X=4    | Y=0  | Z=0 |           |
| 7  | X=52   | Y=0  | Z=0 | G=1,7,1   |
| 8  | X=0    | Y=4  | Z=0 |           |
| 22 | X=56   | Y=4  | Z=0 | G=8,22,1  |
| 23 | X=4    | Y=8  | Z=0 |           |
| 29 | X=52   | Y=8  | Z=0 | G=23,29,1 |
| 30 | X=0    | Y=12 | Z=0 |           |
| 32 | X=8    | Y=12 | Z=0 | G=30,32,1 |
| 33 | X=8    | Y=13 | Z=0 |           |
| 34 | X=12   | Y=13 | Z=0 |           |
| 35 | X=13   | Y=13 | Z=0 |           |
| 36 | X=16   | Y=13 | Z=0 |           |
| 37 | X=16   | Y=12 | Z=0 |           |
| 43 | X=40   | Y=12 | Z=0 | G=37,43,1 |
| 44 | X=40   | Y=13 | Z=0 |           |
| 45 | X=43   | Y=13 | Z=0 |           |
| 46 | X=44   | Y=13 | Z=0 |           |
| 47 | X=48   | Y=13 | Z=0 |           |
| 48 | X=48   | Y=12 | Z=0 |           |
| 50 | X=56   | Y=12 | Z=0 | G=48,50,1 |
| 51 | X=4    | Y=16 | Z=0 |           |
| 52 | X=10.5 | Y=16 | Z=0 |           |
| 53 | X=13   | Y=16 | Z=0 |           |
| 54 | X=13.5 | Y=16 | Z=0 |           |
| 55 | X=20   | Y=16 | Z=0 |           |
| 57 | X=36   | Y=16 | Z=0 | G=55,57,1 |
| 58 | X=42.5 | Y=16 | Z=0 |           |
| 59 | X=43   | Y=16 | Z=0 |           |
| 60 | X=45.5 | Y=16 | Z=0 |           |
| 61 | X=52   | Y=16 | Z=0 |           |
| 62 | X=0    | Y=20 | Z=0 |           |
| 64 | X=8    | Y=20 | Z=0 | G=62,64,1 |
| 65 | X=10.5 | Y=18 | Z=0 |           |
| 66 | X=13.5 | Y=18 | Z=0 |           |
| 67 | X=8    | Y=21 | Z=0 |           |
| 68 | X=10.5 | Y=21 | Z=0 |           |
| 69 | X=13.5 | Y=21 | Z=0 |           |
| 70 | X=16   | Y=21 | Z=0 |           |
| 71 | X=16   | Y=20 | Z=0 |           |
| 77 | X=40   | Y=20 | Z=0 | G=71,77,1 |
| 78 | X=42.5 | Y=18 | Z=0 |           |
| 79 | X=45.5 | Y=18 | Z=0 |           |
| 80 | X=40   | Y=21 | Z=0 |           |
| 81 | X=42.5 | Y=21 | Z=0 |           |
| 82 | X=45.5 | Y=21 | Z=0 |           |
| 83 | X=48   | Y=21 | Z=0 |           |



|    |        |      |     |           |
|----|--------|------|-----|-----------|
| 84 | X=48   | Y=20 | Z=0 |           |
| 86 | X=56   | Y=20 | Z=0 | G=84,86,1 |
| 87 | X=4    | Y=24 | Z=0 |           |
| 88 | X=10.5 | Y=24 | Z=0 |           |
| 89 | X=13.5 | Y=24 | Z=0 |           |
| 90 | X=20   | Y=24 | Z=0 |           |
| 92 | X=36   | Y=24 | Z=0 | G=90,92,1 |
| 93 | X=42.5 | Y=24 | Z=0 |           |
| 94 | X=45.5 | Y=24 | Z=0 |           |
| 95 | X=52   | Y=24 | Z=0 |           |

## RESTRAINTS

|          |               |                                                 |
|----------|---------------|-------------------------------------------------|
| 1,7,1    | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 8,22,14  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 10,20,2  | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 23,29,1  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 30,32,2  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 33,36,3  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 34,46,12 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 35,45,10 | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 37,43,6  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 39,41,2  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 44,47,3  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 48,50,2  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 51,61,10 | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 52,60,8  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 53,59,6  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 54,58,4  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 55,57,1  | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 62,64,2  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk dan <i>shear wall</i> |
| 65,66,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 67,70,3  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 68,69,1  | R=1,1,1,0,1,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 71,77,6  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 73,75,2  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 78,79,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 80,83,3  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 81,82,1  | R=1,1,1,1,0,1 | :Tumpuan pada balok anak An.1                   |
| 84,86,2  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i> dan balok induk |
| 87,95,8  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 88,89,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada <i>shear wall</i>                 |
| 90,92,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |
| 93,94,1  | R=1,1,1,1,1,1 | :Tumpuan pada balok induk                       |

## FRAME

NM=5 NL=10 Z=-1 NSEC=3

|   |      |             |         |                  |              |
|---|------|-------------|---------|------------------|--------------|
| 1 | SH=R | T=0.35,0.65 | E=2.1E9 | W=2400*0.35*0.65 | :BGRID 35x65 |
| 2 | SH=R | T=0.35,0.65 | E=2.1E9 | W=2400*0.35*0.65 | :BA n1 35x65 |
| 3 | SH=R | T=0.25,0.45 | E=2.1E9 | W=2400*0.25*0.45 | :BA n2 25x45 |
| 4 | SH=R | T=0.20,0.35 | E=2.1E9 | W=2400*0.20*0.35 | :BA n3 20x35 |
| 5 | SH=R | T=0.15,0.30 | E=2.1E9 | W=2400*0.15*0.30 | :BA n4 15x30 |



|    |                  |                                 |  |                                           |
|----|------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------------|
| 1  | WG=0,0,-2557.866 |                                 |  | :beban segi tiga (2) 4 m                  |
| 2  | WG=0,0,-2557.866 | PLD=1,0,-2968.2                 |  | :beban segi tiga (2) 4 m                  |
| 3  | WG=0,0,-2557.866 | PLD=3,0,-2968.2                 |  | :beban segi tiga (2) 4 m                  |
| 4  | WG=0,0,-3517.067 | PLD=4,-4368.284,0,5,-7250.352,0 |  | :beban segi tiga (1) 3 m                  |
| 5  | WG=0,0,-3517.067 | PLD=3,-7250.352,0,4,-4368.284,0 |  | :beban dua segi tiga (1) 4 m              |
| 6  | WG=0,0,-1918.4   | PLD=4,-4484.8,0                 |  | :beban segi tiga (2) 3 m                  |
| 7  | WG=0,0,-3018.282 | PLD=3,0,-2968.2                 |  | :beban trapesium (2) 4 m                  |
| 8  | WG=0,0,-959.2    |                                 |  | :beban segi tiga (1) 3 m                  |
| 9  | WG=0,0,-5366.701 |                                 |  | :beban segi tiga (1) 3 m dan tangga 1.5 m |
| 10 | WG=0,0,-1776.296 |                                 |  | :beban trapesium (1) 2 m                  |

C ----- BALOK ANAK -----

|          |     |        |        |             |
|----------|-----|--------|--------|-------------|
| 1,1,9    | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=6,1,1,2   |
| 8,9,8    | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=13,1,1,1  |
| 22,9,23  | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=6,1,2,1   |
| 29,23,3  | M=1 | LP=1,0 | NSL=3  | G=1,6,6,18  |
| 30,24,34 | M=3 | LP=1,0 | NSL=7  | G=1,4,4,12  |
| 31,25,38 | M=1 | LP=1,0 | NSL=3  | G=2,1,1,2   |
| 36,31,30 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 38,36,33 | M=2 | LP=2,0 | NSL=5  |             |
| 45,47,44 | M=2 | LP=2,0 | NSL=4  |             |
| 39,38,37 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=5,1,1,1   |
| 46,49,48 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 48,31,51 | M=1 | LP=1,0 | NSL=2  | G=1,6,18,10 |
| 49,35,53 | M=5 | LP=1,0 | NSL=9  | G=1,4,10,6  |
| 50,38,55 | M=1 | LP=1,0 | NSL=2  | G=2,1,2,1   |
| 55,51,63 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=1,8,10,22 |
| 56,52,65 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,2,1   |
| 58,55,72 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=2,1,1,2   |
| 61,58,78 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,2,1   |
| 64,63,62 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 66,66,65 | M=5 | LP=2,0 | NSL=10 | G=1,7,13,13 |
| 67,72,71 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=5,1,1,1   |
| 74,85,84 | M=1 | LP=2,0 | NSL=1  | G=1,1,1,1   |
| 76,63,87 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=1,8,22,8  |
| 77,65,68 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,1,1   |
| 79,72,90 | M=1 | LP=1,0 | NSL=1  | G=2,1,2,1   |
| 82,78,81 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,1,1   |
| 85,70,67 | M=2 | LP=2,0 | NSL=6  | G=1,1,13,13 |
| 87,68,88 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,1,1   |
| 89,81,93 | M=5 | LP=1,0 | NSL=8  | G=1,1,1,1   |



ANALISA DINDING PENAHAN TANAH (KG-M)

SYSTEM

L=1

JOINTS

|     |      |     |       |                   |
|-----|------|-----|-------|-------------------|
| 1   | X=0  | Y=0 | Z=0   |                   |
| 15  | X=56 | Y=0 | Z=0   |                   |
| 61  | X=0  | Y=0 | Z=0.8 |                   |
| 75  | X=56 | Y=0 | Z=0.8 | Q=1,15,61,75,1,15 |
| 76  | X=0  | Y=0 | Z=1   |                   |
| 90  | X=56 | Y=0 | Z=1   | G=76,90,1         |
| 91  | X=4  | Y=0 | Z=1.5 |                   |
| 103 | X=52 | Y=0 | Z=1.5 | G=91,103,1        |
| 104 | X=8  | Y=0 | Z=2   |                   |
| 114 | X=48 | Y=0 | Z=2   | G=104,114,1       |
| 115 | X=12 | Y=0 | Z=2.5 |                   |
| 123 | X=44 | Y=0 | Z=2.5 | G=115,123,1       |
| 124 | X=16 | Y=0 | Z=3   |                   |
| 130 | X=40 | Y=0 | Z=3   | G=124,130,1       |
| 131 | X=20 | Y=0 | Z=3.5 |                   |
| 135 | X=36 | Y=0 | Z=3.5 | G=131,135,1       |
| 136 | X=20 | Y=0 | Z=4   |                   |
| 140 | X=36 | Y=0 | Z=4   | G=136,140,1       |

RESTRAINTS

|         |               |
|---------|---------------|
| 1,140,1 | R=0,0,0,0,0,0 |
| 1,15,1  | R=1,1,1,1,1,1 |

SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1

|     |                    |     |         |        |        |
|-----|--------------------|-----|---------|--------|--------|
| 1   | E=2.1E9            |     |         |        |        |
| 1   | JQ=1,2,16,17       | M=1 | ETYPE=2 | TH=0.2 | G=14,4 |
| 57  | JQ=61,62,76,77     | M=1 | ETYPE=2 | TH=0.2 | G=14,1 |
| 71  | JQ=77,78,91,92     | M=1 | ETYPE=2 | TH=0.2 | G=12,1 |
| 83  | JQ=92,93,104,105   | M=1 | ETYPE=2 | TH=0.2 | G=10,1 |
| 93  | JQ=105,106,115,116 | M=1 | ETYPE=2 | TH=0.2 | G=8,1  |
| 101 | JQ=116,117,124,125 | M=1 | ETYPE=2 | TH=0.2 | G=6,1  |
| 107 | JQ=125,126,131,132 | M=1 | ETYPE=2 | TH=0.2 | G=4,1  |
| 111 | JQ=131,132,136,137 | M=1 | ETYPE=2 | TH=0.2 | G=4,1  |

POTENTIAL

|         |           |
|---------|-----------|
| 1,140,1 | P=228,228 |
|---------|-----------|

LOADS

C BEBAN TANAH

|         |                |
|---------|----------------|
| 16,17,1 | F=0,470.5,0    |
| 29,30,1 | F=0,470.5,0    |
| 32,33,1 | F=0,1058.063,0 |
| 43,44,1 | F=0,1058.063,0 |
| 48,49,1 | F=0,1881,0     |
| 57,58,1 | F=0,1881,0     |





|         |                  |
|---------|------------------|
| 64,65,1 | $F=0,2939.063,0$ |
| 71,72,1 | $F=0,2939.063,0$ |
| 80,81,1 | $F=0,4232.25,0$  |
| 85,86,1 | $F=0,4232.25,0$  |
| 95,99,1 | $F=0,7524,0$     |



## ANALISA STRUKTUR UTAMA GEDUNG 5 STAR HOTEL (T-M)

## SYSTEM

L=3 V=5 T=0.0001

C LOAD CONDITION 1 = BEBAN MATI

C LOAD CONDITION 2 = BEBAN HIDUP

## JOINTS

## C ----- JOINTS AS-A -----

|    |      |     |      |                    |
|----|------|-----|------|--------------------|
| 1  | X=0  | Y=0 | Z=0  |                    |
| 2  | X=8  | Y=0 | Z=0  |                    |
| 15 | X=0  | Y=0 | Z=4  |                    |
| 16 | X=8  | Y=0 | Z=4  |                    |
| 6  | X=16 | Y=0 | Z=0  |                    |
| 20 | X=16 | Y=0 | Z=4  | Q=2,6,16,20,1,14   |
| 9  | X=40 | Y=0 | Z=0  |                    |
| 23 | X=40 | Y=0 | Z=4  | Q=6,9,20,23,1,14   |
| 13 | X=48 | Y=0 | Z=0  |                    |
| 27 | X=48 | Y=0 | Z=4  | Q=9,13,23,27,1,14  |
| 14 | X=56 | Y=0 | Z=0  |                    |
| 28 | X=56 | Y=0 | Z=4  |                    |
| 29 | X=0  | Y=0 | Z=12 |                    |
| 43 | X=0  | Y=0 | Z=16 |                    |
| 30 | X=8  | Y=0 | Z=12 |                    |
| 34 | X=16 | Y=0 | Z=12 |                    |
| 44 | X=8  | Y=0 | Z=16 |                    |
| 48 | X=16 | Y=0 | Z=16 | Q=30,34,44,48,1,14 |
| 37 | X=40 | Y=0 | Z=12 |                    |
| 51 | X=40 | Y=0 | Z=16 | Q=34,37,48,51,1,14 |
| 41 | X=48 | Y=0 | Z=12 |                    |
| 55 | X=48 | Y=0 | Z=16 | Q=37,41,51,55,1,14 |
| 42 | X=56 | Y=0 | Z=12 |                    |
| 56 | X=56 | Y=0 | Z=16 |                    |

## C ----- JOINT AS-B -----

|    |      |       |      |
|----|------|-------|------|
| 57 | X=0  | Y=7.5 | Z=0  |
| 58 | X=56 | Y=7.5 | Z=0  |
| 59 | X=0  | Y=7.5 | Z=4  |
| 60 | X=56 | Y=7.5 | Z=4  |
| 61 | X=0  | Y=7.5 | Z=12 |
| 62 | X=56 | Y=7.5 | Z=12 |
| 63 | X=0  | Y=7.5 | Z=16 |
| 64 | X=56 | Y=7.5 | Z=16 |

## C ----- JOINT SHELL AS-1 -----

|    |     |      |      |
|----|-----|------|------|
| 65 | X=0 | Y=15 | Z=0  |
| 67 | X=0 | Y=23 | Z=0  |
| 95 | X=0 | Y=15 | Z=40 |
| 97 | X=0 | Y=23 | Z=40 |

Q=65,67,95,97,1,3

## C ----- JOINT SHELL AS-8 -----

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| 98  | X=56 | Y=15 | Z=0  |
| 100 | X=56 | Y=23 | Z=0  |
| 128 | X=56 | Y=15 | Z=40 |
| 130 | X=56 | Y=23 | Z=40 |

Q=98,100,128,130,1,3



# TUGAS AKHIR

Input SAP 90 - 24

|                                |        |      |      |                       |
|--------------------------------|--------|------|------|-----------------------|
| 131                            | X=8    | Y=15 | Z=0  |                       |
| 136                            | X=48   | Y=15 | Z=0  |                       |
| 191                            | X=8    | Y=15 | Z=40 |                       |
| 196                            | X=48   | Y=15 | Z=40 | Q=131,136,191,196,1,6 |
| C ----- JOINT AS-D -----       |        |      |      |                       |
| 197                            | X=8    | Y=23 | Z=0  |                       |
| 202                            | X=48   | Y=23 | Z=0  |                       |
| 257                            | X=8    | Y=23 | Z=40 |                       |
| 262                            | X=48   | Y=23 | Z=40 | Q=197,202,257,262,1,6 |
| C ----- JOINT AS-E -----       |        |      |      |                       |
| 263                            | X=0    | Y=31 | Z=0  |                       |
| 270                            | X=56   | Y=31 | Z=0  |                       |
| 343                            | X=0    | Y=31 | Z=40 |                       |
| 350                            | X=56   | Y=31 | Z=40 | Q=263,270,343,350,1,8 |
| C ----- JOINT AS-F -----       |        |      |      |                       |
| 659                            | X=0    | Y=39 | Z=0  |                       |
| 699                            | X=0    | Y=39 | Z=40 | G=659,699,4           |
| 660                            | X=24   | Y=39 | Z=0  |                       |
| 661                            | X=32   | Y=39 | Z=0  |                       |
| 700                            | X=24   | Y=39 | Z=40 |                       |
| 701                            | X=32   | Y=39 | Z=40 | Q=660,661,700,701,1,4 |
| 662                            | X=56   | Y=39 | Z=0  |                       |
| 702                            | X=56   | Y=39 | Z=40 | G=662,702,4           |
| C ----- JOINT SHELL AS-2 ----- |        |      |      |                       |
| 351                            | X=10.5 | Y=33 | Z=0  |                       |
| 353                            | X=8    | Y=33 | Z=0  |                       |
| 421                            | X=10.5 | Y=33 | Z=40 |                       |
| 423                            | X=8    | Y=33 | Z=40 | Q=351,353,421,423,1,7 |
| 354                            | X=8    | Y=35 | Z=0  |                       |
| 424                            | X=8    | Y=35 | Z=40 | G=354,424,7           |
| 355                            | X=8    | Y=39 | Z=0  |                       |
| 357                            | X=10.5 | Y=39 | Z=0  |                       |
| 425                            | X=8    | Y=39 | Z=40 |                       |
| 427                            | X=10.5 | Y=39 | Z=40 | Q=355,357,425,427,1,7 |
| C ----- JOINT SHELL AS-3 ----- |        |      |      |                       |
| 428                            | X=13.5 | Y=33 | Z=0  |                       |
| 430                            | X=16   | Y=33 | Z=0  |                       |
| 498                            | X=13.5 | Y=33 | Z=40 |                       |
| 500                            | X=16   | Y=33 | Z=40 | Q=428,430,498,500,1,7 |
| 431                            | X=16   | Y=35 | Z=0  |                       |
| 501                            | X=16   | Y=35 | Z=40 | G=431,501,7           |
| 432                            | X=16   | Y=39 | Z=0  |                       |
| 434                            | X=13.5 | Y=39 | Z=0  |                       |
| 502                            | X=16   | Y=39 | Z=40 |                       |
| 504                            | X=13.5 | Y=39 | Z=40 | Q=432,434,502,504,1,7 |
| C ----- JOINT SHELL AS-6 ----- |        |      |      |                       |
| 505                            | X=42.5 | Y=33 | Z=0  |                       |
| 507                            | X=40   | Y=33 | Z=0  |                       |
| 575                            | X=42.5 | Y=33 | Z=40 |                       |
| 577                            | X=40   | Y=33 | Z=40 | Q=505,507,575,577,1,7 |
| 508                            | X=40   | Y=35 | Z=0  |                       |
| 578                            | X=40   | Y=35 | Z=40 | G=508,578,7           |



|     |        |      |      |                       |
|-----|--------|------|------|-----------------------|
| 509 | X=40   | Y=39 | Z=0  |                       |
| 511 | X=42.5 | Y=39 | Z=0  |                       |
| 579 | X=40   | Y=39 | Z=40 |                       |
| 581 | X=42.5 | Y=39 | Z=40 | Q=509,511,579,581,1,7 |

C ----- JOINT SHELL AS-7 -----

|     |        |      |      |                       |
|-----|--------|------|------|-----------------------|
| 582 | X=45.5 | Y=33 | Z=0  |                       |
| 584 | X=48   | Y=33 | Z=0  |                       |
| 652 | X=45.5 | Y=33 | Z=40 |                       |
| 654 | X=48   | Y=33 | Z=40 | Q=582,584,652,654,1,7 |
| 585 | X=48   | Y=35 | Z=0  |                       |
| 655 | X=48   | Y=35 | Z=40 | G=585,655,7           |
| 586 | X=48   | Y=39 | Z=0  |                       |
| 588 | X=45.5 | Y=39 | Z=0  |                       |
| 656 | X=48   | Y=39 | Z=40 |                       |
| 658 | X=45.5 | Y=39 | Z=40 | Q=586,588,656,658,1,7 |

C ----- JOINTS MASTER -----

|     |      |         |      |             |
|-----|------|---------|------|-------------|
| 705 | X=28 | Y=22.40 | Z=4  |             |
| 706 | X=28 | Y=28.39 | Z=8  |             |
| 707 | X=28 | Y=22.40 | Z=12 |             |
| 708 | X=28 | Y=22.4  | Z=16 |             |
| 709 | X=28 | Y=28.3  | Z=20 |             |
| 714 | X=28 | Y=28.3  | Z=40 | G=709,714,1 |

MASSES

|           |                                   |                      |
|-----------|-----------------------------------|----------------------|
| 705       | M=151.829,151.829,0,0,0,60221.155 | :Lantai Satu         |
| 706       | M=83.878,83.878,0,0,0,29925.938   | :Lantai Mezzanine    |
| 707,708,1 | M=151.829,151.829,0,0,0,60221.155 | :Lantai Dua dan Tiga |
| 709,713,1 | M=134.374,134.374,0,0,0,38524.184 | :Lantai 4 s/d 8      |
| 714       | M=87.164,87.164,0,0,0,25382.172   | :Lantai Atap         |

RESTRAINTS

|           |               |                                             |
|-----------|---------------|---------------------------------------------|
| 1,14,1    | R=1,1,1,1,1,1 |                                             |
| 57,58,1   | R=1,1,1,1,1,1 |                                             |
| 65,67,1   | R=1,1,1,1,1,1 |                                             |
| 98,100,1  | R=1,1,1,1,1,1 |                                             |
| 131,136,1 | R=1,1,1,1,1,1 |                                             |
| 197,202,1 | R=1,1,1,1,1,1 |                                             |
| 263,270,1 | R=1,1,1,1,1,1 |                                             |
| 351,357,1 | R=1,1,1,1,1,1 |                                             |
| 428,434,1 | R=1,1,1,1,1,1 |                                             |
| 505,511,1 | R=1,1,1,1,1,1 |                                             |
| 582,588,1 | R=1,1,1,1,1,1 |                                             |
| 659,662,1 | R=1,1,1,1,1,1 |                                             |
| 705,714,1 | R=0,0,1,1,1,0 | :Master of Joints                           |
| 15,28,13  | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 17,19,1   | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 24,26,1   | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 16,27,11  | R=1,0,0,0,0,1 | :Joints Balok Pratekan                      |
| 20,23,1   | R=1,0,0,0,0,1 | :Joints Balok Pratekan                      |
| 29,42,13  | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 31,33,1   | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 38,40,1   | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |



|           |               |                                             |
|-----------|---------------|---------------------------------------------|
| 30,41,11  | R=1,0,0,0,0,1 | :Joints Balok Pratekan                      |
| 34,37,1   | R=1,0,0,0,0,1 | :Joints Balok Pratekan                      |
| 43,56,13  | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 45,47,1   | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 52,54,1   | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 44,55,11  | R=1,0,0,0,0,1 | :Joints Balok Pratekan                      |
| 48,51,1   | R=1,0,0,0,0,1 | :Joints Balok Pratekan                      |
| 59,64,1   | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 68,97,1   | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 101,130,1 | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 137,142,1 | R=1,1,0,0,0,1 | :Joints Balok Pratekan                      |
| 143,148,1 | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 149,160,1 | R=1,1,0,0,0,1 | :Joints Balok Pratekan                      |
| 161,196,1 | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 203,262,1 | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 271,350,1 | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 358,427,1 | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 435,504,1 | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 512,581,1 | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 589,658,1 | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |
| 663,702,1 | R=1,1,0,0,0,1 | :Dependent Joints terhadap Master of Joints |

## SHELL

NM=1 P=-1 Z=-1

1 E=2.36E6 W=2.4 M=2.4/9.81

C ----- SHELL AS-A -----

1 JQ=3,4,17,18 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,3

7 JQ=10,11,24,25 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,3

C ----- SHELL AS-1 -----

13 JQ=65,66,68,69 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

C ----- SHELL AS-8 -----

33 JQ=98,99,101,102 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

C ----- SHELL AS-2 -----

53 JQ=351,352,358,359 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

73 JQ=353,354,360,361 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

93 JQ=355,356,362,363 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

C ----- SHELL AS-3 -----

113 JQ=428,429,435,436 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

133 JQ=430,431,437,438 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

153 JQ=432,433,439,440 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

C ----- SHELL AS-6 -----

173 JQ=505,506,512,513 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

193 JQ=507,508,514,515 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

213 JQ=509,510,516,517 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

C ----- SHELL AS-7 -----

233 JQ=582,583,589,590 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

253 JQ=584,585,591,592 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10

273 JQ=586,587,593,594 M=1 ETYPE=0 TH=0.3 G=2,10



POTENTIAL

| C         | ----- | BEBAN MATI    | ----- |
|-----------|-------|---------------|-------|
| 17,19,1   |       | P=0.583,0.583 |       |
| 24,26,1   |       | P=0.583,0.583 |       |
| 31,33,1   |       | P=0.583,0.583 |       |
| 38,40,1   |       | P=0.583,0.583 |       |
| 45,47,1   |       | P=0.583,0.583 |       |
| 52,54,1   |       | P=0.583,0.583 |       |
| 68,94,1   |       | P=0.932,0.932 |       |
| 95,97,1   |       | P=0.660,0.660 |       |
| 101,127,1 |       | P=0.932,0.932 |       |
| 128,130,1 |       | P=0.660,0.660 |       |
| 358,420,1 |       | P=0.932,0.932 |       |
| 421,427,1 |       | P=0.660,0.660 |       |
| 435,497,1 |       | P=0.932,0.932 |       |
| 498,504,1 |       | P=0.660,0.660 |       |
| 512,574,1 |       | P=0.932,0.932 |       |
| 575,581,1 |       | P=0.660,0.660 |       |
| 589,651,1 |       | P=0.932,0.932 |       |
| 652,658,1 |       | P=0.660,0.660 |       |

| C         | ----- | BEBAN HIDUP   | ----- |
|-----------|-------|---------------|-------|
| 17,19,1   |       | P=0.313,0.313 |       |
| 24,26,1   |       | P=0.313,0.313 |       |
| 31,33,1   |       | P=0.313,0.313 |       |
| 38,40,1   |       | P=0.313,0.313 |       |
| 45,47,1   |       | P=0.313,0.313 |       |
| 52,54,1   |       | P=0.313,0.313 |       |
| 68,94,1   |       | P=0.500,0.500 |       |
| 95,97,1   |       | P=0.200,0.200 |       |
| 101,127,1 |       | P=0.500,0.500 |       |
| 128,130,1 |       | P=0.200,2.200 |       |
| 358,420,1 |       | P=0.500,0.500 |       |
| 421,427,1 |       | P=0.200,0.200 |       |
| 435,497,1 |       | P=0.500,0.500 |       |
| 498,504,1 |       | P=0.200,0.200 |       |
| 512,574,1 |       | P=0.500,0.500 |       |
| 575,581,1 |       | P=0.200,0.200 |       |
| 589,651,1 |       | P=0.500,0.500 |       |
| 652,658,1 |       | P=0.200,0.200 |       |

LOADS

| C          | ----- | BEBAN MATI    | ----- |
|------------|-------|---------------|-------|
| 18,46,14   |       | F=0,0,-6.505  | L=1   |
| 25,53,14   |       | F=0,0,-6.505  |       |
| 69,93,3    |       | F=0,0,-12.427 |       |
| 96,129,33  |       | F=0,0,-10.876 |       |
| 102,126,3  |       | F=0,0,-12.427 |       |
| 361,417,7  |       | F=0,0,-12.427 |       |
| 424,501,77 |       | F=0,0,-10.876 |       |
| 438,494,7  |       | F=0,0,-12.427 |       |
| 515,571,7  |       | F=0,0,-12.427 |       |
| 578,655,77 |       | F=0,0,-10.876 |       |



|            |                         |     |
|------------|-------------------------|-----|
| 592,648,7  | F=0,0,-12.427           |     |
| C          | ----- BEBAN HIDUP ----- |     |
| 18,46,14   | F=0,0,-3.845            | L=2 |
| 25,53,14   | F=0,0,-3.845            |     |
| 69,93,3    | F=0,0,-7.674            |     |
| 96,129,33  | F=0,0,-7.233            |     |
| 102,126,3  | F=0,0,-7.674            |     |
| 361,417,7  | F=0,0,-7.674            |     |
| 424,501,77 | F=0,0,-7.233            |     |
| 438,494,7  | F=0,0,-7.674            |     |
| 515,571,7  | F=0,0,-7.674            |     |
| 578,655,77 | F=0,0,-7.233            |     |
| 592,648,7  | F=0,0,-7.674            |     |

FRAME

|                                |      |           |          |               |                    |                 |
|--------------------------------|------|-----------|----------|---------------|--------------------|-----------------|
| NM=6 NL=24 Z=-1 NSEC=3 P=0,0,1 |      |           |          |               |                    |                 |
| 1                              | SH=R | T=0.7,0.6 | E=2.36E6 | W=0.6*0.7*2.4 | M=0.6*0.7*2.4/9.81 | :Kolom          |
| 2                              | SH=R | T=0.7,0.7 | E=2.36E6 | W=0.7*0.7*2.4 | M=0.7*0.7*2.4/9.81 | :Kolom          |
| 3                              | SH=R | T=0.6,0.6 | E=2.36E6 | W=0.6*0.6*2.4 | M=0.6*0.6*2.4/9.81 | :Kolom          |
| 4                              | SH=R | T=0.5,0.5 | E=2.36E6 | W=0.5*0.5*2.4 | M=0.5*0.5*2.4/9.81 | :Kolom          |
| 5                              | SH=R | T=0.9,0.5 | E=2.36E6 | W=0.5*0.9*2.4 | M=0.5*0.9*2.4/9.81 | :Balok Pratekan |
| 6                              | SH=R | T=0.7,0.4 | E=2.36E6 | W=0.4*0.7*2.4 | M=0.4*0.7*2.4/9.81 | :Balok Induk    |
| 7                              | SH=R | T=0.5,0.3 | E=2.36E6 | W=0.3*0.5*2.4 | M=0.3*0.5*2.4/9.81 | :Balok Induk    |
| 8                              | SH=R | T=0.4,0.3 | E=2.36E6 | W=0.3*0.4*2.4 | M=0.3*0.4*2.4/9.81 | :Balok Induk    |

C ----- PEMBEBANAN PADA BALOK -----

|   |                               |                              |           |
|---|-------------------------------|------------------------------|-----------|
| C | ----- BEBAN MATI LANTAI ----- |                              |           |
| 1 | WG=0,0,-1.632                 | PLD=5,-23.215,0,10,-23.215,0 | :Pratekan |
| 2 | WG=0,0,-1.244                 | PLD=4,-14.854,0              | :In.1-1   |
| 3 | WG=0,0,-1.244                 | PLD=4,-12.332,0              | :In.1-2   |
| 4 | WG=0,0,-0.622                 | PLD=4,-7.472,0               | :In.1-3   |
| 5 | WG=0,0,-0.622                 | PLD=4,-6.505,0               | :In.1-4   |
| 6 | WG=0,0,-0.715                 | PLD=5,-12.947,0              | :In.2     |
| 7 | WG=0,0,-0.366                 |                              | :In.3     |
| 8 | WG=0,0,-0.271                 |                              | :In.4     |

C ----- BEBAN MATI ATAP -----

|    |               |                 |         |
|----|---------------|-----------------|---------|
| 9  | WG=0,0,-0.981 | PLD=4,-13.752,0 | :In.1-1 |
| 10 | WG=0,0,-0.491 | PLD=4,-6.876,0  | :In.1-3 |
| 11 | WG=0,0,-0.330 |                 | :In.3   |
| 12 | WG=0,0,-0.220 |                 | :In.4   |

C ----- BEBAN HIDUP LANTAI -----

|    |               |                              |           |
|----|---------------|------------------------------|-----------|
| 13 | WG=0,0,-1.155 | PLD=5,-12.573,0,10,-12.573,0 | :Pratekan |
| 14 | WG=0,0,-1.000 | PLD=4,-8.466,0               | :In.1-1   |
| 15 | WG=0,0,-1.125 | PLD=4,-6.678,0               | :In.1-2   |
| 16 | WG=0,0,-0.500 | PLD=4,-4.674,0               | :In.1-3   |
| 17 | WG=0,0,-0.485 | PLD=4,-3.845,0               | :In.1-4   |
| 18 | WG=0,0,-0.556 | PLD=5,-6.473,0               | :In.2     |
| 19 | WG=0,0,-0.250 |                              | :In.3     |
| 20 | WG=0,0,-0.167 |                              | :In.4     |

C ----- BEBAN HIDUP ATAP -----

|    |               |                |         |
|----|---------------|----------------|---------|
| 21 | WG=0,0,-0.400 | PLD=4,-7.448,0 | :In.1-1 |
| 22 | WG=0,0,-0.200 | PLD=4,-3.713,0 | :In.1-3 |
| 23 | WG=0,0,-0.100 |                | :In.3   |



|                          |               |            |        |             |
|--------------------------|---------------|------------|--------|-------------|
| 24                       | WG=0,0,-0.067 |            |        | :In.4       |
| C ----- KOLOM AS-A ----- |               |            |        |             |
| 1,1,15                   | M=1           | MS=0,705   | LP=3,0 | G=1,7,13,13 |
| 2,2,16                   | M=1           |            | LP=3,0 | G=1,5,11,11 |
| 3,6,20                   | M=1           |            | LP=3,0 | G=3,1,1,1   |
| 9,15,29                  | M=1           | MS=705,707 | LP=3,0 | G=1,7,13,13 |
| 10,16,30                 | M=1           |            | LP=3,0 | G=1,5,11,11 |
| 11,20,34                 | M=1           |            | LP=3,0 | G=3,1,1,1   |
| 17,29,43                 | M=1           | MS=707,708 | LP=3,0 | G=1,7,13,13 |
| 18,30,44                 | M=1           |            | LP=3,0 | G=1,5,11,11 |
| 19,34,48                 | M=1           |            | LP=3,0 | G=3,1,1,1   |
| C ----- KOLOM AS-B ----- |               |            |        |             |
| 25,57,59                 | M=3           | MS=0,705   | LP=3,0 |             |
| 26,58,60                 | M=3           |            | LP=3,0 |             |
| 27,59,61                 | M=3           | MS=705,707 | LP=3,0 |             |
| 28,60,62                 | M=3           |            | LP=3,0 |             |
| 29,61,63                 | M=3           | MS=707,708 | LP=3,0 |             |
| 30,62,64                 | M=3           |            | LP=3,0 |             |
| C ----- KOLOM AS-C ----- |               |            |        |             |
| 31,131,137               | M=2           | MS=0,705   | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 37,137,143               | M=2           | MS=705,706 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 43,143,149               | M=2           | MS=706,707 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 49,149,155               | M=2           | MS=707,708 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 55,155,161               | M=2           | MS=708,709 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 61,161,167               | M=2           | MS=709,710 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 67,167,173               | M=3           | MS=710,711 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 73,173,179               | M=3           | MS=711,712 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 79,179,185               | M=4           | MS=712,713 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 85,185,191               | M=4           | MS=713,714 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| C ----- KOLOM AS-D ----- |               |            |        |             |
| 91,197,203               | M=2           | MS=0,705   | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 97,203,209               | M=2           | MS=705,706 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 103,209,215              | M=2           | MS=706,707 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 109,215,221              | M=2           | MS=707,708 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 115,221,227              | M=2           | MS=708,709 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 121,227,233              | M=2           | MS=709,710 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 127,233,239              | M=3           | MS=710,711 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 133,239,245              | M=3           | MS=711,712 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 139,245,251              | M=4           | MS=712,713 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| 145,251,257              | M=4           | MS=713,714 | LP=3,0 | G=5,1,1,1   |
| C ----- KOLOM AS-E ----- |               |            |        |             |
| 151,263,271              | M=2           | MS=0,705   | LP=3,0 | G=7,1,1,1   |
| 159,271,279              | M=2           | MS=705,706 | LP=3,0 | G=7,1,1,1   |
| 167,279,287              | M=2           | MS=706,707 | LP=3,0 | G=7,1,1,1   |
| 175,287,295              | M=2           | MS=707,708 | LP=3,0 | G=7,1,1,1   |
| 183,295,303              | M=2           | MS=708,709 | LP=3,0 | G=7,1,1,1   |
| 191,303,311              | M=2           | MS=709,710 | LP=3,0 | G=7,1,1,1   |
| 199,311,319              | M=3           | MS=710,711 | LP=3,0 | G=7,1,1,1   |
| 207,319,327              | M=3           | MS=711,712 | LP=3,0 | G=7,1,1,1   |
| 215,327,335              | M=4           | MS=712,713 | LP=3,0 | G=7,1,1,1   |
| 223,335,343              | M=4           | MS=713,714 | LP=3,0 | G=7,1,1,1   |





## C ----- KOLOM AS-F -----

|             |     |            |        |           |
|-------------|-----|------------|--------|-----------|
| 231,659,663 | M=2 | MS=0,705   | LP=3,0 | G=1,3,3,3 |
| 232,660,664 | M=2 |            | LP=3,0 | G=1,1,1,1 |
| 235,663,667 | M=2 | MS=705,706 | LP=3,0 | G=1,3,3,3 |
| 236,664,668 | M=2 |            | LP=3,0 | G=1,1,1,1 |
| 239,667,671 | M=2 | MS=706,707 | LP=3,0 | G=1,3,3,3 |
| 240,668,672 | M=2 |            | LP=3,0 | G=1,1,1,1 |
| 243,671,675 | M=2 | MS=707,708 | LP=3,0 | G=1,3,3,3 |
| 244,672,676 | M=2 |            | LP=3,0 | G=1,1,1,1 |
| 247,675,679 | M=2 | MS=708,709 | LP=3,0 | G=1,3,3,3 |
| 248,676,680 | M=2 |            | LP=3,0 | G=1,1,1,1 |
| 251,679,683 | M=2 | MS=709,710 | LP=3,0 | G=1,3,3,3 |
| 252,680,684 | M=2 |            | LP=3,0 | G=1,1,1,1 |
| 255,683,687 | M=3 | MS=710,711 | LP=3,0 | G=1,3,3,3 |
| 256,684,688 | M=3 |            | LP=3,0 | G=1,1,1,1 |
| 259,687,691 | M=3 | MS=711,712 | LP=3,0 | G=1,3,3,3 |
| 260,688,692 | M=3 |            | LP=3,0 | G=1,1,1,1 |
| 263,691,695 | M=4 | MS=712,713 | LP=3,0 | G=1,3,3,3 |
| 264,692,696 | M=4 |            | LP=3,0 | G=1,1,1,1 |
| 267,695,699 | M=4 | MS=713,714 | LP=3,0 | G=1,3,3,3 |
| 268,696,700 | M=4 |            | LP=3,0 | G=1,1,1,1 |

## C ----- BALOK AS-A -----

|           |     |            |        |             |          |
|-----------|-----|------------|--------|-------------|----------|
| 401,16,15 | M=6 | MS=705,705 | LP=2,0 | G=1,8,12,12 | NSL=5,17 |
| 402,17,16 | M=8 |            | LP=2,0 | G=1,1,3,3   | NSL=8,20 |
| 404,21,20 | M=6 |            | LP=2,0 | G=2,1,1,1   | NSL=5,17 |
| 407,24,23 | M=8 |            | LP=2,0 | G=1,1,3,3   | NSL=8,20 |
| 410,30,29 | M=6 | MS=707,707 | LP=2,0 | G=1,8,12,12 | NSL=5,17 |
| 411,31,30 | M=8 |            | LP=2,0 | G=1,1,3,3   | NSL=8,20 |
| 413,35,34 | M=6 |            | LP=2,0 | G=2,1,1,1   | NSL=5,17 |
| 416,38,37 | M=8 |            | LP=2,0 | G=1,1,3,3   | NSL=8,20 |
| 419,44,43 | M=6 | MS=708,708 | LP=2,0 | G=1,8,12,12 | NSL=5,17 |
| 420,45,44 | M=8 |            | LP=2,0 | G=1,1,3,3   | NSL=8,20 |
| 422,49,48 | M=6 |            | LP=2,0 | G=2,1,1,1   | NSL=5,17 |
| 425,52,51 | M=8 |            | LP=2,0 | G=1,1,3,3   | NSL=8,20 |

## C ----- BALOK AS-C -----

|             |     |            |        |              |          |
|-------------|-----|------------|--------|--------------|----------|
| 428,137,68  | M=6 | MS=705,705 | LP=2,0 | G=1,6,-36,74 | NSL=3,15 |
| 429,138,137 | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1    | NSL=3,15 |
| 435,143,71  | M=6 | MS=706,706 | LP=2,0 | G=1,6,-39,77 | NSL=4,16 |
| 436,144,143 | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1    | NSL=4,16 |
| 442,149,74  | M=6 | MS=707,707 | LP=2,0 | G=1,6,-42,80 | NSL=3,15 |
| 443,150,149 | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1    | NSL=3,15 |
| 449,155,77  | M=6 | MS=708,708 | LP=2,0 | G=1,6,-45,83 | NSL=3,15 |
| 450,156,155 | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1    | NSL=3,15 |
| 456,161,80  | M=6 | MS=709,709 | LP=2,0 | G=1,6,-48,86 | NSL=4,16 |
| 457,162,161 | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1    | NSL=4,16 |
| 463,167,83  | M=6 | MS=710,710 | LP=2,0 | G=1,6,-51,89 | NSL=4,16 |
| 464,168,167 | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1    | NSL=4,16 |
| 470,173,86  | M=6 | MS=711,711 | LP=2,0 | G=1,6,-54,91 | NSL=4,16 |
| 471,174,173 | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1    | NSL=4,16 |
| 477,179,89  | M=6 | MS=712,712 | LP=2,0 | G=1,6,-57,94 | NSL=4,16 |
| 478,180,179 | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1    | NSL=4,16 |
| 484,185,92  | M=6 | MS=713,713 | LP=2,0 | G=1,6,-60,97 | NSL=4,16 |



|                                       |     |            |        |                |           |
|---------------------------------------|-----|------------|--------|----------------|-----------|
| 485,186,185                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1      | NSL=4,16  |
| 491,191,95                            | M=6 | MS=714,714 | LP=2,0 | G=1,6,-63,100  | NSL=10,22 |
| 492,192,191                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1      | NSL=10,22 |
| C ----- BALOK AS-D -----              |     |            |        |                |           |
| 498,203,70                            | M=6 | MS=705,705 | LP=2,0 | G=1,6,-100,138 | NSL=2,14  |
| 499,204,203                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 505,209,73                            | M=6 | MS=706,706 | LP=2,0 | G=1,6,-103,141 | NSL=2,14  |
| 506,210,209                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 512,215,76                            | M=6 | MS=707,707 | LP=2,0 | G=1,6,-106,144 | NSL=2,14  |
| 513,216,215                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 519,221,79                            | M=6 | MS=708,708 | LP=2,0 | G=1,6,-109,147 | NSL=2,14  |
| 520,222,221                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 526,227,82                            | M=6 | MS=709,709 | LP=2,0 | G=1,6,-112,150 | NSL=2,14  |
| 527,228,227                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 533,233,85                            | M=6 | MS=710,710 | LP=2,0 | G=1,6,-115,153 | NSL=2,14  |
| 534,234,233                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 540,239,88                            | M=6 | MS=711,711 | LP=2,0 | G=1,6,-118,156 | NSL=2,14  |
| 541,240,239                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 547,245,91                            | M=6 | MS=712,712 | LP=2,0 | G=1,6,-121,159 | NSL=2,14  |
| 548,246,245                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 554,251,94                            | M=6 | MS=713,713 | LP=2,0 | G=1,6,-124,162 | NSL=2,14  |
| 555,252,251                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 561,257,97                            | M=6 | MS=714,714 | LP=2,0 | G=1,6,-127,165 | NSL=9,21  |
| 562,258,257                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=4,1,1,1      | NSL=9,21  |
| C ----- BALOK AS-E -----              |     |            |        |                |           |
| 568,272,271                           | M=6 | MS=705,705 | LP=2,0 | G=6,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 575,280,279                           | M=6 | MS=706,706 | LP=2,0 | G=6,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 582,288,287                           | M=6 | MS=707,707 | LP=2,0 | G=6,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 589,296,295                           | M=6 | MS=708,708 | LP=2,0 | G=6,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 596,304,303                           | M=6 | MS=709,709 | LP=2,0 | G=6,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 603,312,311                           | M=6 | MS=710,710 | LP=2,0 | G=6,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 610,320,319                           | M=6 | MS=711,711 | LP=2,0 | G=6,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 617,328,327                           | M=6 | MS=712,712 | LP=2,0 | G=6,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 624,336,335                           | M=6 | MS=713,713 | LP=2,0 | G=6,1,1,1      | NSL=2,14  |
| 631,344,343                           | M=6 | MS=714,714 | LP=2,0 | G=6,1,1,1      | NSL=9,21  |
| C ----- BALOK ANTARA SHEAR WALL ----- |     |            |        |                |           |
| 958,435,358                           | M=7 | MS=705,705 | LP=2,0 | G=1,10,154,154 | NSL=7,19  |
| 959,442,365                           | M=7 | MS=706,706 | LP=2,0 | G=1,10,154,154 | NSL=7,19  |
| 960,449,372                           | M=7 | MS=707,707 | LP=2,0 | G=1,10,154,154 | NSL=7,19  |
| 961,456,379                           | M=7 | MS=708,708 | LP=2,0 | G=1,10,154,154 | NSL=7,19  |
| 962,463,386                           | M=7 | MS=709,709 | LP=2,0 | G=1,10,154,154 | NSL=7,19  |
| 963,470,393                           | M=7 | MS=710,710 | LP=2,0 | G=1,10,154,154 | NSL=7,19  |
| 964,477,400                           | M=7 | MS=711,711 | LP=2,0 | G=1,10,154,154 | NSL=7,19  |
| 965,484,407                           | M=7 | MS=712,712 | LP=2,0 | G=1,10,154,154 | NSL=7,19  |
| 966,491,414                           | M=7 | MS=713,713 | LP=2,0 | G=1,10,154,154 | NSL=7,19  |
| 967,498,421                           | M=7 | MS=714,714 | LP=2,0 | G=1,10,154,154 | NSL=11,23 |
| C ----- BALOK AS-F -----              |     |            |        |                |           |
| 638,362,663                           | M=6 | MS=705,705 | LP=2,0 | G=1,6,304,-70  | NSL=4,16  |
| 639,441,364                           | M=7 |            | LP=2,0 | G=1,4,154,154  | NSL=7,19  |
| 640,664,439                           | M=6 |            | LP=2,0 | G=1,2,-148,226 | NSL=4,16  |
| 641,665,664                           | M=6 |            | LP=2,0 |                | NSL=4,16  |
| 645,369,667                           | M=6 | MS=706,706 | LP=2,0 | G=1,6,301,-67  | NSL=4,16  |



|             |     |            |        |                |           |
|-------------|-----|------------|--------|----------------|-----------|
| 646,448,371 | M=7 |            | LP=2,0 | G=1,4,154,154  | NSL=7,19  |
| 647,668,446 | M=6 |            | LP=2,0 | G=1,2,-145,223 | NSL=4,16  |
| 648,669,668 | M=6 |            | LP=2,0 |                | NSL=4,16  |
| 652,376,671 | M=6 | MS=707,707 | LP=2,0 | G=1,6,298,-64  | NSL=4,16  |
| 653,455,378 | M=7 |            | LP=2,0 | G=1,4,154,154  | NSL=7,19  |
| 654,672,453 | M=6 |            | LP=2,0 | G=1,2,-142,220 | NSL=4,16  |
| 655,673,672 | M=6 |            | LP=2,0 |                | NSL=4,16  |
| 659,383,675 | M=6 | MS=708,708 | LP=2,0 | G=1,6,295,-61  | NSL=4,16  |
| 660,462,385 | M=7 |            | LP=2,0 | G=1,4,154,154  | NSL=7,19  |
| 661,676,460 | M=6 |            | LP=2,0 | G=1,2,-139,217 | NSL=4,16  |
| 662,677,676 | M=6 |            | LP=2,0 |                | NSL=4,16  |
| 666,390,679 | M=6 | MS=709,709 | LP=2,0 | G=1,6,292,-58  | NSL=4,16  |
| 667,469,392 | M=7 |            | LP=2,0 | G=1,4,154,154  | NSL=7,19  |
| 668,680,467 | M=6 |            | LP=2,0 | G=1,2,-136,214 | NSL=4,16  |
| 669,681,680 | M=6 |            | LP=2,0 |                | NSL=4,16  |
| 673,397,683 | M=6 | MS=710,710 | LP=2,0 | G=1,6,289,-55  | NSL=4,16  |
| 674,476,399 | M=7 |            | LP=2,0 | G=1,4,154,154  | NSL=7,19  |
| 675,684,474 | M=6 |            | LP=2,0 | G=1,2,-133,211 | NSL=4,16  |
| 676,685,684 | M=6 |            | LP=2,0 |                | NSL=4,16  |
| 680,404,687 | M=6 | MS=711,711 | LP=2,0 | G=1,6,286,-52  | NSL=4,16  |
| 681,483,406 | M=7 |            | LP=2,0 | G=1,4,154,154  | NSL=7,19  |
| 682,688,481 | M=6 |            | LP=2,0 | G=1,2,-130,208 | NSL=4,16  |
| 683,689,688 | M=6 |            | LP=2,0 |                | NSL=4,16  |
| 687,411,691 | M=6 | MS=712,712 | LP=2,0 | G=1,6,283,-49  | NSL=4,16  |
| 688,490,413 | M=7 |            | LP=2,0 | G=1,4,154,154  | NSL=7,19  |
| 689,692,488 | M=6 |            | LP=2,0 | G=1,2,-127,205 | NSL=4,16  |
| 690,693,692 | M=6 |            | LP=2,0 |                | NSL=4,16  |
| 694,418,695 | M=6 | MS=713,713 | LP=2,0 | G=1,6,280,-46  | NSL=4,16  |
| 695,497,420 | M=7 |            | LP=2,0 | G=1,4,154,154  | NSL=7,19  |
| 696,696,495 | M=6 |            | LP=2,0 | G=1,2,-124,202 | NSL=4,16  |
| 697,697,696 | M=6 |            | LP=2,0 |                | NSL=4,16  |
| 701,425,699 | M=6 | MS=714,714 | LP=2,0 | G=1,6,277,-43  | NSL=10,22 |
| 702,504,427 | M=7 |            | LP=2,0 | G=1,4,154,154  | NSL=11,23 |
| 703,700,502 | M=6 |            | LP=2,0 | G=1,2,-121,199 | NSL=10,22 |
| 704,701,700 | M=6 |            | LP=2,0 |                | NSL=10,22 |

## C ----- BALOK AS-1 -----

|            |     |            |        |               |           |
|------------|-----|------------|--------|---------------|-----------|
| 708,15,59  | M=6 | MS=705,705 | LP=3,0 | G=1,1,44,9    | NSL=6,18  |
| 710,29,61  | M=6 | MS=707,707 | LP=3,0 | G=1,1,32,13   | NSL=6,18  |
| 712,43,63  | M=6 | MS=708,708 | LP=3,0 | G=1,1,20,14   | NSL=6,18  |
| 714,70,271 | M=6 | MS=705,705 | LP=3,0 | G=1,1,201,392 | NSL=4,16  |
| 716,73,279 | M=6 | MS=706,706 | LP=3,0 | G=1,1,206,388 | NSL=4,16  |
| 718,76,287 | M=6 | MS=707,707 | LP=3,0 | G=1,1,211,384 | NSL=4,16  |
| 720,79,295 | M=6 | MS=708,708 | LP=3,0 | G=1,1,216,380 | NSL=4,16  |
| 722,82,303 | M=6 | MS=709,709 | LP=3,0 | G=1,1,221,376 | NSL=4,16  |
| 724,85,311 | M=6 | MS=710,710 | LP=3,0 | G=1,1,226,372 | NSL=4,16  |
| 726,88,319 | M=6 | MS=711,711 | LP=3,0 | G=1,1,231,368 | NSL=4,16  |
| 728,91,327 | M=6 | MS=712,712 | LP=3,0 | G=1,1,236,364 | NSL=4,16  |
| 730,94,335 | M=6 | MS=713,713 | LP=3,0 | G=1,1,241,360 | NSL=4,16  |
| 732,97,343 | M=6 | MS=714,714 | LP=3,0 | G=1,1,246,356 | NSL=10,22 |

## C ----- BALOK PRATEKAN LANTAI 1 -----

|            |     |            |        |              |          |
|------------|-----|------------|--------|--------------|----------|
| 734,16,137 | M=5 | MS=705,705 | LP=3,0 | G=1,165,11,5 | NSL=1,13 |
| 767,20,138 | M=5 |            | LP=3,0 | G=3,33,1,1   | NSL=1,13 |



## C ----- BALOK PRATEKAN LANTAI 2 -----

|            |     |            |        |              |          |
|------------|-----|------------|--------|--------------|----------|
| 735,30,149 | M=5 | MS=707,707 | LP=3,0 | G=1,165,11,5 | NSL=1,13 |
| 768,34,150 | M=5 |            | LP=3,0 | G=3,33,1,1   | NSL=1,13 |

## C ----- BALOK PRATEKAN LANTAI 3 -----

|            |     |            |        |              |          |
|------------|-----|------------|--------|--------------|----------|
| 736,44,155 | M=5 | MS=708,708 | LP=3,0 | G=1,165,11,5 | NSL=1,13 |
| 769,48,156 | M=5 |            | LP=3,0 | G=3,33,1,1   | NSL=1,13 |

## C ----- BALOK INDUK LANTAI 1 -----

|             |     |            |        |             |          |
|-------------|-----|------------|--------|-------------|----------|
| 737,137,203 | M=6 | MS=705,705 | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 738,203,272 | M=6 |            | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 739,272,360 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |
| 805,274,664 | M=6 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 871,276,514 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |

## C ----- BALOK INDUK LANTAI MEZZANINE -----

|             |     |            |        |             |          |
|-------------|-----|------------|--------|-------------|----------|
| 740,143,209 | M=6 | MS=706,706 | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 741,209,280 | M=6 |            | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 742,280,367 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |
| 808,282,668 | M=6 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 874,284,521 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |

## C ----- BALOK INDUK LANTAI 2 -----

|             |     |            |        |             |          |
|-------------|-----|------------|--------|-------------|----------|
| 743,149,215 | M=6 | MS=707,707 | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 744,215,288 | M=6 |            | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 745,288,374 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |
| 811,290,672 | M=6 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 877,292,528 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |

## C ----- BALOK INDUK LANTAI 3 -----

|             |     |            |        |             |          |
|-------------|-----|------------|--------|-------------|----------|
| 746,155,221 | M=6 | MS=708,708 | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 747,221,296 | M=6 |            | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 748,296,381 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |
| 814,298,676 | M=6 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 880,300,535 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |

## C ----- BALOK INDUK LANTAI 4 -----

|             |     |            |        |             |          |
|-------------|-----|------------|--------|-------------|----------|
| 749,161,227 | M=6 | MS=709,709 | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 750,227,304 | M=6 |            | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 751,304,388 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |
| 817,306,680 | M=6 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 883,308,542 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |

## C ----- BALOK INDUK LANTAI 5 -----

|             |     |            |        |             |          |
|-------------|-----|------------|--------|-------------|----------|
| 752,167,233 | M=6 | MS=710,710 | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 753,233,312 | M=6 |            | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 754,312,395 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |
| 820,314,684 | M=6 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 886,316,549 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |

## C ----- BALOK INDUK LANTAI 6 -----

|             |     |            |        |             |          |
|-------------|-----|------------|--------|-------------|----------|
| 755,173,239 | M=6 | MS=711,711 | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 756,239,320 | M=6 |            | LP=3,0 | G=5,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 757,320,402 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |
| 823,322,688 | M=6 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,1  | NSL=2,14 |
| 889,324,556 | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77 | NSL=8,20 |

## C ----- BALOK INDUK LANTAI 7 -----

|             |     |            |        |            |          |
|-------------|-----|------------|--------|------------|----------|
| 758,179,245 | M=6 | MS=712,712 | LP=3,0 | G=5,33,1,1 | NSL=3,14 |
| 759,245,328 | M=6 |            | LP=3,0 | G=5,33,1,1 | NSL=3,14 |



|                                       |     |            |        |               |           |
|---------------------------------------|-----|------------|--------|---------------|-----------|
| 760,328,409                           | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77   | NSL=8,20  |
| 826,330,692                           | M=6 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,1    | NSL=3,14  |
| 892,332,563                           | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77   | NSL=8,20  |
| C ----- BALOK INDUK LANTAI 8 -----    |     |            |        |               |           |
| 761,185,251                           | M=6 | MS=713,713 | LP=3,0 | G=5,33,1,1    | NSL=3,14  |
| 762,251,336                           | M=6 |            | LP=3,0 | G=5,33,1,1    | NSL=3,14  |
| 763,336,416                           | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77   | NSL=8,20  |
| 829,338,696                           | M=6 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,1    | NSL=3,14  |
| 895,340,570                           | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77   | NSL=8,20  |
| C ----- BALOK INDUK LANTAI ATAP ----- |     |            |        |               |           |
| 764,191,257                           | M=6 | MS=714,714 | LP=3,0 | G=5,33,1,1    | NSL=9,21  |
| 765,257,344                           | M=6 |            | LP=3,0 | G=5,33,1,1    | NSL=9,21  |
| 766,344,423                           | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77   | NSL=12,24 |
| 832,346,700                           | M=6 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,1    | NSL=9,21  |
| 898,348,577                           | M=8 |            | LP=3,0 | G=1,33,1,77   | NSL=12,24 |
| C ----- BALOK AS-8 -----              |     |            |        |               |           |
| 932,28,60                             | M=6 | MS=705,705 | LP=3,0 | G=1,1,32,41   | NSL=6,18  |
| 934,42,62                             | M=6 | MS=707,707 | LP=3,0 | G=1,1,20,45   | NSL=6,18  |
| 936,56,64                             | M=6 | MS=708,708 | LP=3,0 | G=1,1,8,46    | NSL=6,18  |
| 938,103,278                           | M=6 | MS=705,705 | LP=3,0 | G=1,1,175,388 | NSL=4,16  |
| 940,106,286                           | M=6 | MS=706,706 | LP=3,0 | G=1,1,180,384 | NSL=4,16  |
| 942,109,294                           | M=6 | MS=707,707 | LP=3,0 | G=1,1,185,380 | NSL=4,16  |
| 944,112,302                           | M=6 | MS=708,708 | LP=3,0 | G=1,1,190,376 | NSL=4,16  |
| 946,115,310                           | M=6 | MS=709,709 | LP=3,0 | G=1,1,195,372 | NSL=4,16  |
| 948,118,318                           | M=6 | MS=710,710 | LP=3,0 | G=1,1,200,368 | NSL=4,16  |
| 950,121,326                           | M=6 | MS=711,711 | LP=3,0 | G=1,1,205,364 | NSL=4,16  |
| 952,124,334                           | M=6 | MS=712,712 | LP=3,0 | G=1,1,210,360 | NSL=4,16  |
| 954,127,342                           | M=6 | MS=713,713 | LP=3,0 | G=1,1,215,356 | NSL=4,16  |
| 956,130,350                           | M=6 | MS=714,714 | LP=3,0 | G=1,1,220,352 | NSL=10,22 |

## PRESTRESS

|     |                     |       |
|-----|---------------------|-------|
| 734 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 767 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 800 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 833 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 866 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 899 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 735 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 768 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 801 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 834 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 867 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 900 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 736 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 769 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 802 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 835 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 868 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |
| 901 | D=0.223,0.427,0.223 | T=420 |



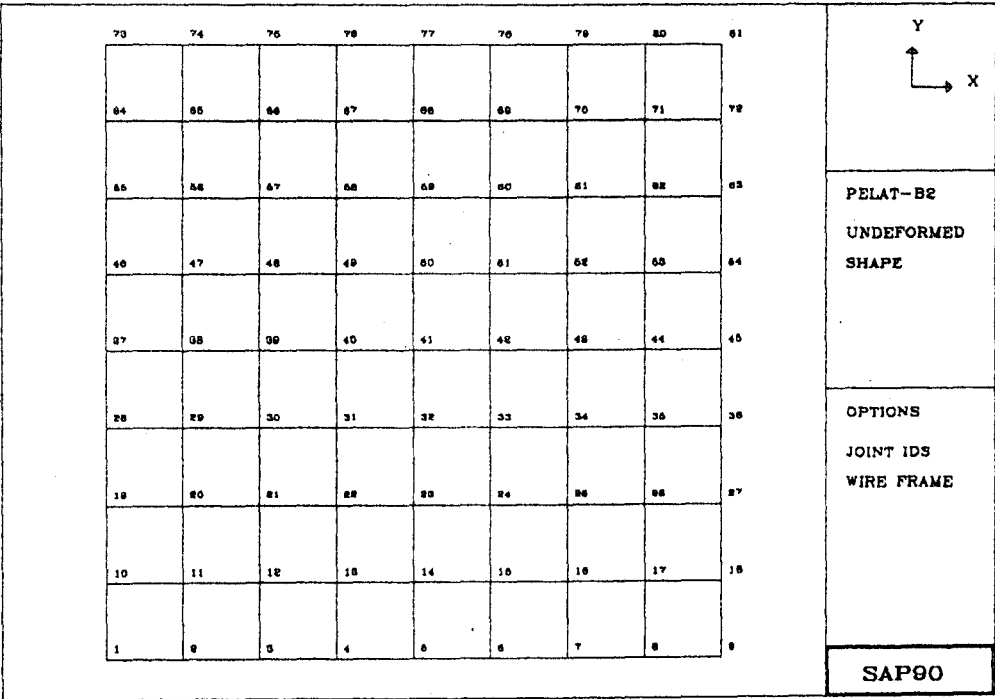
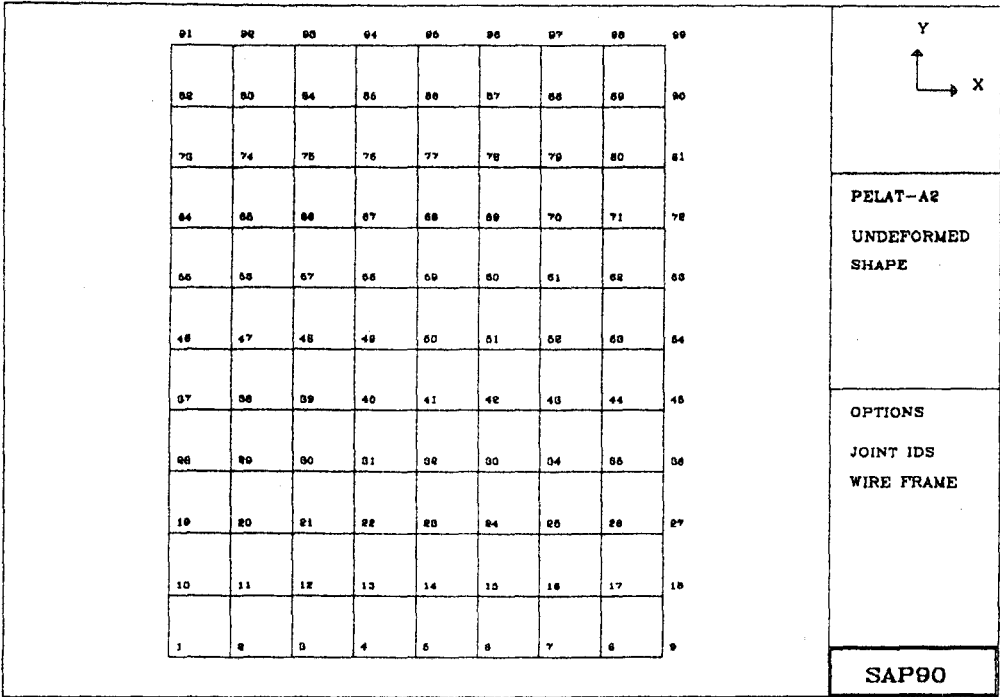
SPEC

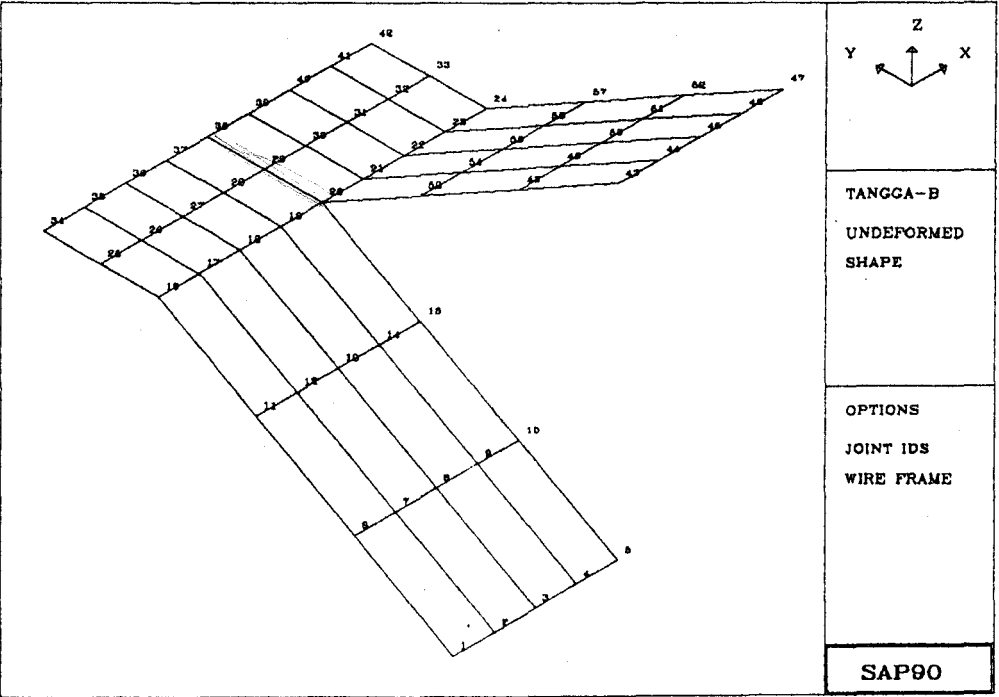
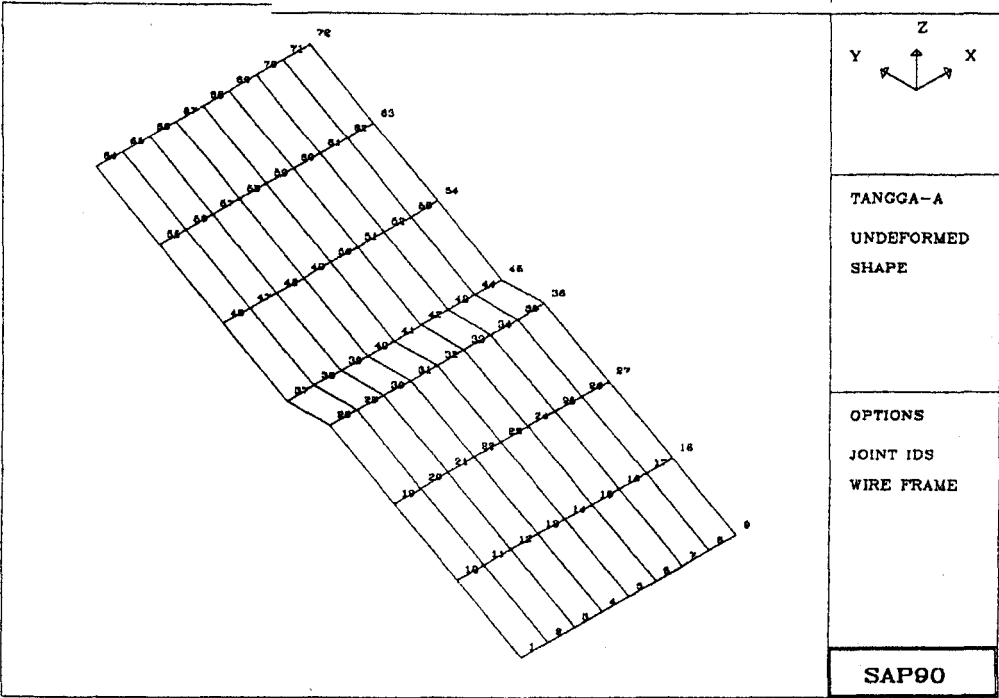
|      |         |         |
|------|---------|---------|
| A=90 | S=9.81  | D=0.05  |
| 0    | 0.05    | 0.05    |
| 0.5  | 0.05    | 0.05    |
| 1    | 0.05    | 0.05    |
| 1.5  | 0.04375 | 0.04375 |
| 2    | 0.0375  | 0.0375  |
| 2.5  | 0.03125 | 0.03125 |
| 3    | 0.025   | 0.025   |

COMBO

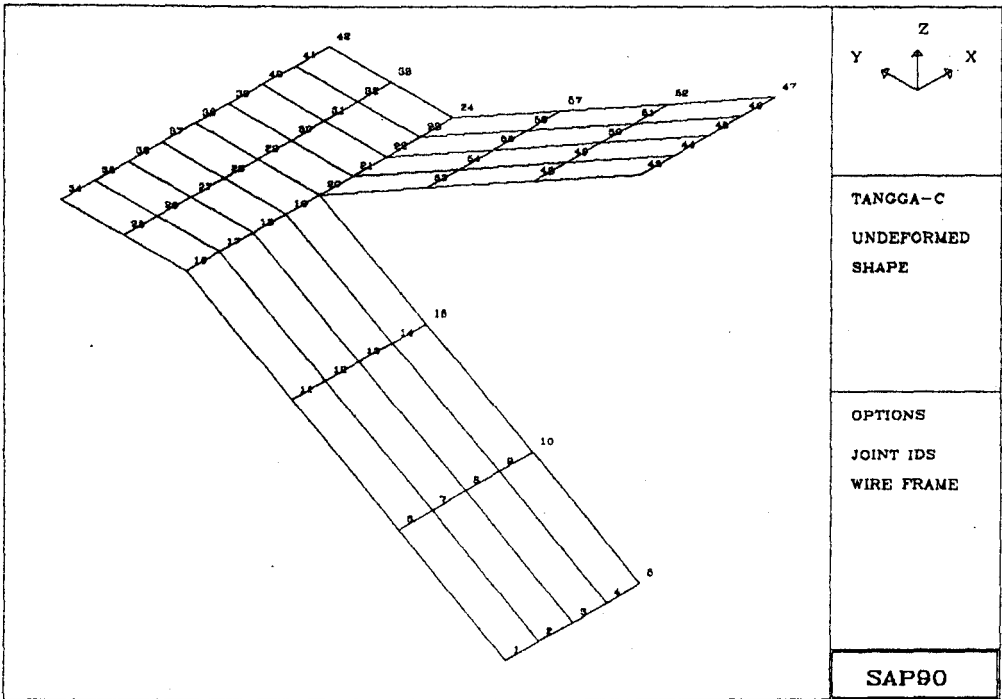
|   |                 |       |                      |
|---|-----------------|-------|----------------------|
| 1 | C=1.2,1.6       | D=0   | :1.2 DL + 1.6 LL     |
| 2 | C=1.05,1.05*0.3 | D=2.1 | :1.05 (DL + Lr + 2E) |
| 3 | C=0,0,1         |       | :Presstres           |

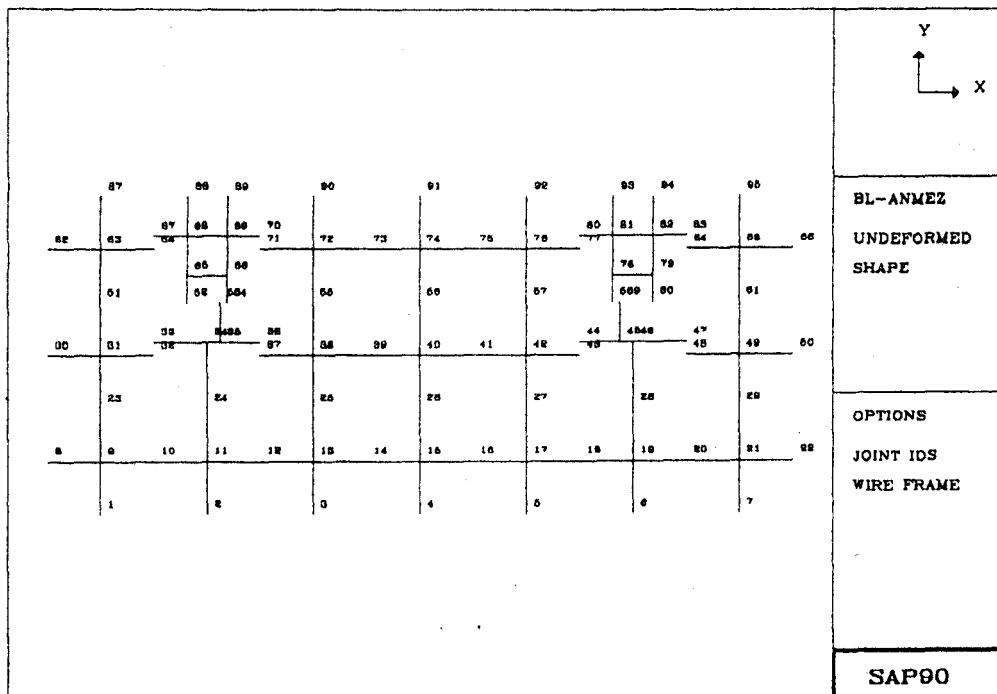
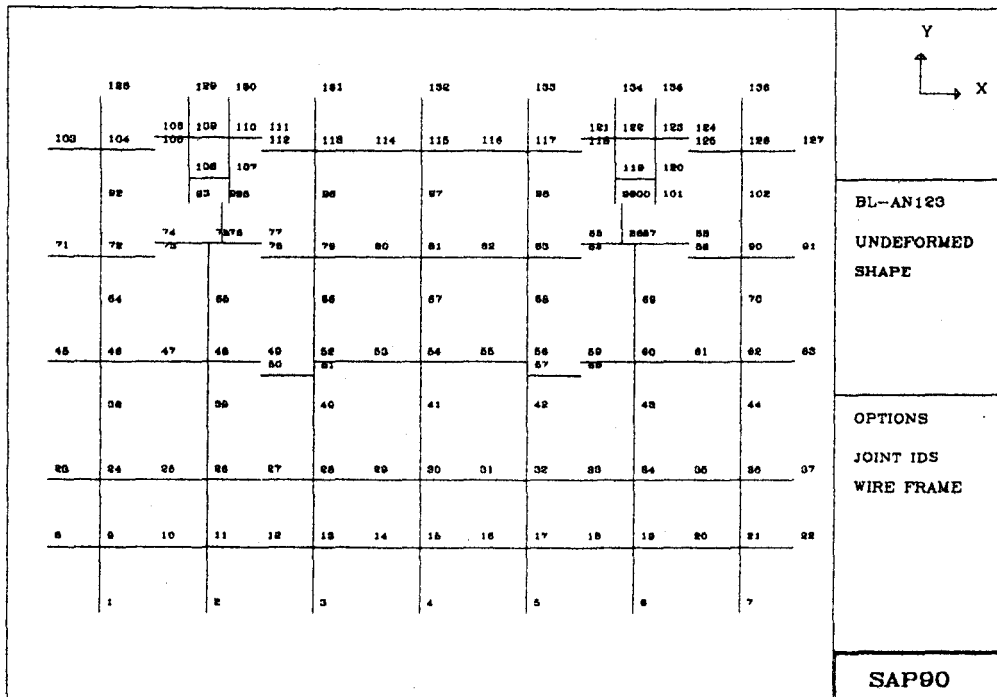


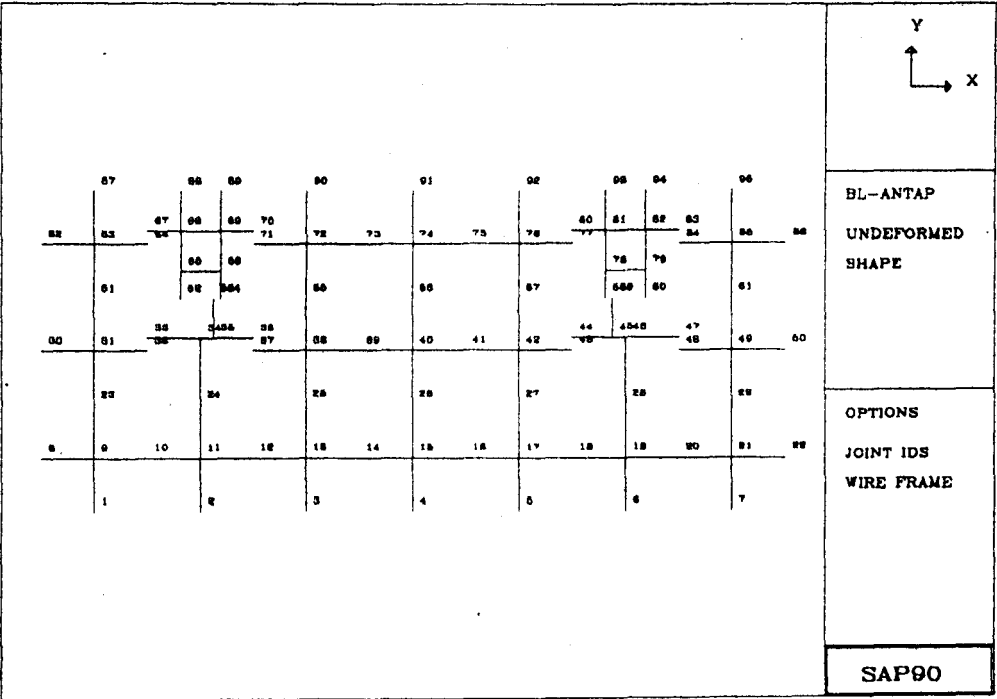
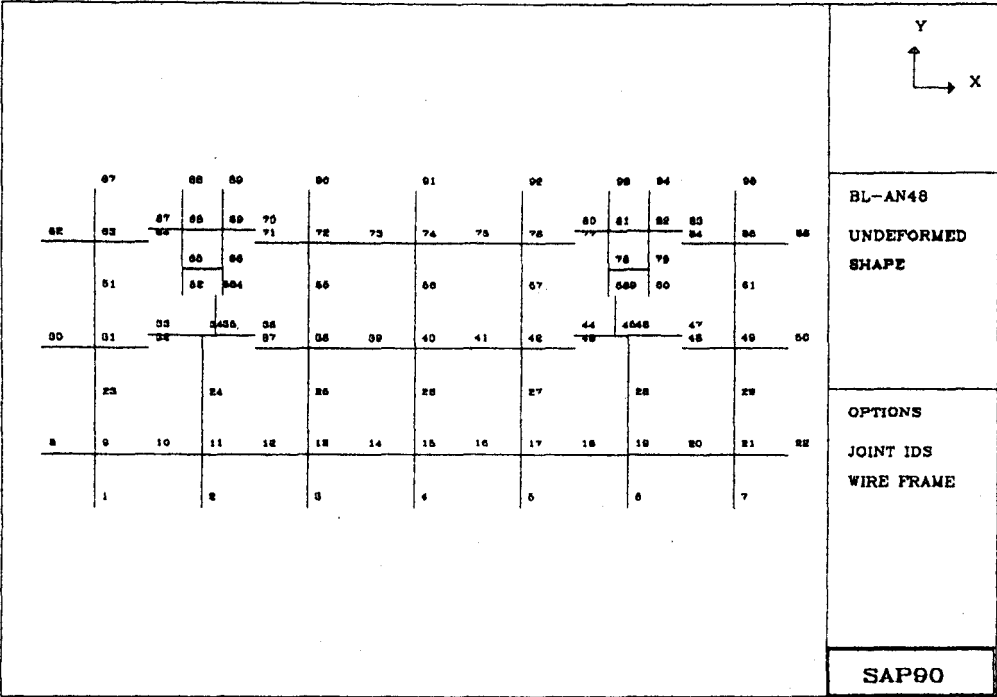


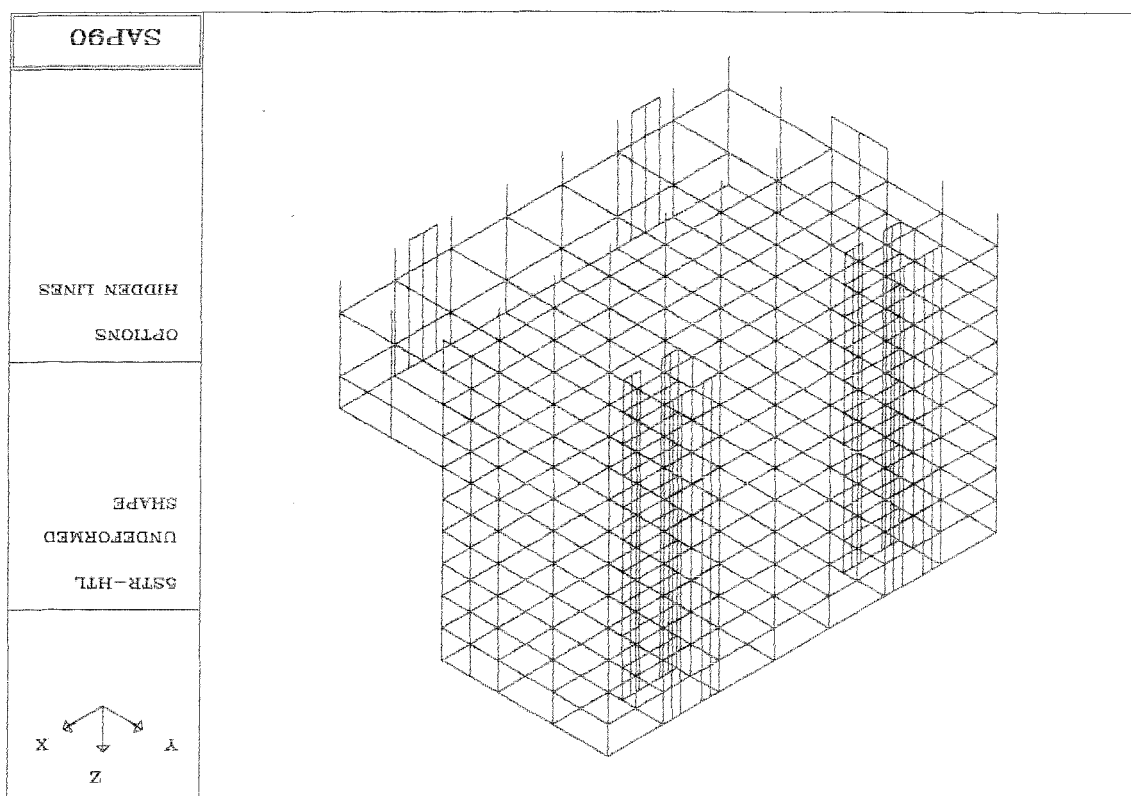
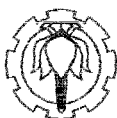














# **TUGAS AKHIR**

**LAMPIRAN C**

**TABEL TULANGAN**

**TABEL 3.2.1. PERHITUNGAN MOMEN PELAT LANTAI 1, 2 DAN 3**

| Type Pelat | Lx (m) | Ly (m) | qDL (kg/m <sup>2</sup> ) | qLL (kg/m <sup>2</sup> ) | qu (kg/m <sup>2</sup> ) | Daerah  | Ly/Lx | C       | Mu (kgm)   | Mu (N.mm)  |
|------------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------|-------|---------|------------|------------|
| A.1        | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.259 | -66.925 | -8.670E+02 | -8.670E+06 |
|            | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.259 | 29.755  | 3.855E+02  | 3.855E+06  |
|            | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.259 | -56.585 | -7.330E+02 | -7.330E+06 |
| B.1        | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.259 | 19.415  | 2.515E+02  | 2.515E+06  |
|            | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.000 | -52.000 | -6.554E+02 | -6.554E+06 |
|            | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.000 | 21.000  | 2.647E+02  | 2.647E+06  |
| C          | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.000 | -52.000 | -6.554E+02 | -6.554E+06 |
|            | 2.700  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.000 | 21.000  | 2.647E+02  | 2.647E+06  |
|            | 2.700  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.343 | -70.704 | -4.944E+02 | -4.944E+06 |
| D          | 2.700  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.343 | 32.278  | 2.257E+02  | 2.257E+06  |
|            | 2.700  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.343 | -57.000 | -3.986E+02 | -3.986E+06 |
|            | 2.700  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.343 | 18.574  | 1.299E+02  | 1.299E+06  |
| E          | 2.750  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.036 | -54.545 | -3.957E+02 | -3.957E+06 |
|            | 2.750  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.036 | 22.455  | 1.629E+02  | 1.629E+06  |
|            | 2.750  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.036 | -52.727 | -3.825E+02 | -3.825E+06 |
| F          | 2.750  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.036 | 21.000  | 1.523E+02  | 1.523E+06  |
|            | 1.650  | 2.225  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.348 | -70.939 | -1.853E+02 | -1.853E+06 |
|            | 1.650  | 2.225  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.348 | 32.455  | 8.475E+01  | 8.475E+05  |
|            | 1.650  | 2.225  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.348 | -57.000 | -1.489E+02 | -1.489E+06 |
|            | 1.650  | 2.225  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.348 | 18.515  | 4.835E+01  | 4.835E+05  |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.652 | -80.043 | -2.285E+02 | -2.285E+06 |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.652 | 37.522  | 1.071E+02  | 1.071E+06  |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.652 | -57.000 | -1.627E+02 | -1.627E+06 |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.652 | 14.957  | 4.269E+01  | 4.269E+05  |

TABEL 3.2.2. PERHITUNGAN MOMEN PELAT LANTAI MEZZANINE

| Type Pelat | Lx (m) | Ly (m) | qDL (kg/m <sup>2</sup> ) | qLL (kg/m <sup>2</sup> ) | qu (kg/m <sup>2</sup> ) | Daerah  | Ly/Lx | C       | Mu (kg.m)  | Mu (N.mm)  |
|------------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------|-------|---------|------------|------------|
| A.1        | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.259 | -66.925 | -8.670E+02 | -8.670E+06 |
|            | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.259 | 29.755  | 3.855E+02  | 3.855E+06  |
|            | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.259 | -56.585 | -7.330E+02 | -7.330E+06 |
|            | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.259 | 19.415  | 2.515E+02  | 2.515E+06  |
| B.1        | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.000 | -52.000 | -6.544E+02 | -6.544E+06 |
|            | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.000 | 21.000  | 2.647E+02  | 2.647E+06  |
|            | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.000 | -52.000 | -6.544E+02 | -6.544E+06 |
|            | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.000 | 21.000  | 2.647E+02  | 2.647E+06  |
| D          | 2.750  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.036 | -54.545 | -3.957E+02 | -3.957E+06 |
|            | 2.750  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.036 | 22.455  | 1.629E+02  | 1.629E+06  |
|            | 2.750  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.036 | -52.727 | -3.825E+02 | -3.825E+06 |
|            | 2.750  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.036 | 21.000  | 1.523E+02  | 1.523E+06  |
| E          | 1.650  | 2.225  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.348 | -70.939 | -1.853E+02 | -1.853E+06 |
|            | 1.650  | 2.225  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.348 | 32.455  | 8.475E+01  | 8.475E+05  |
|            | 1.650  | 2.225  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.348 | -57.000 | -1.489E+02 | -1.489E+06 |
|            | 1.650  | 2.225  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.348 | 18.515  | 4.835E+01  | 4.835E+05  |
| F          | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.652 | -80.043 | -2.285E+02 | -2.285E+06 |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.652 | 37.522  | 1.071E+02  | 1.071E+06  |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.652 | -57.000 | -1.627E+02 | -1.627E+06 |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.652 | 14.957  | 4.269E+01  | 4.269E+05  |

**TABEL 3.2.3. PERHITUNGAN MOMEN PELAT LANTAI 4 s/d 8 (TIPIKAL)**

| Type Pelat | Lx (m) | Ly (m) | qDL (kg/m <sup>2</sup> ) | qLL (kg/m <sup>2</sup> ) | qu (kg/m <sup>2</sup> ) | Daerah  | Ly/Lx | C         | Mu (kg.m)  | Mu (N.mm)  |
|------------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------|-------|-----------|------------|------------|
| A.1        | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.259 | -66.93    | -8.670E+02 | -8.670E+06 |
|            | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.259 | 29.76     | 3.855E+02  | 3.855E+06  |
|            | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.259 | -56.59    | -7.330E+02 | -7.330E+06 |
| A.2        | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.259 | 19.41     | 2.515E+02  | 2.515E+06  |
|            | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.259 | Hasil     | -1.880E+03 | -1.880E+07 |
|            | 3.675  | 4.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.259 | Analisa   | 7.667E+02  | 7.667E+06  |
| B.1        | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.259 | SAP 90    | -1.656E+03 | -1.656E+07 |
|            | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.259 | B. Tembok | 6.075E+02  | 6.075E+06  |
|            | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.000 | -52.00    | -6.534E+02 | -6.534E+06 |
| B.2        | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.000 | 21.00     | 2.647E+02  | 2.647E+06  |
|            | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.000 | -52.00    | -6.534E+02 | -6.534E+06 |
|            | 3.625  | 3.625  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.000 | 21.00     | 2.647E+02  | 2.647E+06  |
| D          | 2.750  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.036 | Hasil     | -1.958E+03 | -1.958E+07 |
|            | 2.750  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.036 | Analisa   | 9.899E+02  | 9.899E+06  |
|            | 2.750  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.036 | SAP 90    | -1.674E+03 | -1.674E+07 |
| E          | 1.650  | 2.225  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.036 | B. Tembok | 7.848E+02  | 7.848E+06  |
|            | 1.650  | 2.225  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.348 | -54.55    | -3.957E+02 | -3.957E+06 |
|            | 1.650  | 2.225  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.348 | 22.45     | 1.629E+02  | 1.629E+06  |
| F          | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.652 | -52.73    | -3.825E+02 | -3.825E+06 |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.652 | 21.00     | 1.523E+02  | 1.523E+06  |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.652 | -70.94    | -1.853E+02 | -1.853E+06 |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.652 | 32.45     | 8.475E+01  | 8.475E+05  |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.652 | -57.00    | -1.489E+02 | -1.489E+06 |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.652 | 18.52     | 4.835E+01  | 4.835E+05  |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.652 | -80.04    | -2.285E+02 | -2.285E+06 |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.652 | 37.52     | 1.071E+02  | 1.071E+06  |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.652 | -57.00    | -1.627E+02 | -1.627E+06 |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.652 | 14.96     | 4.269E+01  | 4.269E+05  |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. X | 1.652 | -80.04    | -2.285E+02 | -2.285E+06 |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. X  | 1.652 | 37.52     | 1.071E+02  | 1.071E+06  |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Tump. Y | 1.652 | -57.00    | -1.627E+02 | -1.627E+06 |
|            | 1.725  | 2.850  | 466                      | 250                      | 959.2                   | Lap. Y  | 1.652 | 14.96     | 4.269E+01  | 4.269E+05  |



TABEL 3.2.4. PERHITUNGAN MOMEN PELAT ATAP

| Type Pelat | Lx (m) | Ly (m) | qDL (kg/m <sup>2</sup> ) | qLL (kg/m <sup>2</sup> ) | qu (kg/m <sup>2</sup> ) | Daerah  | Ly/Lx | C       | Mu (kg.m)  | Mu (N.mmm) |
|------------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------|-------|---------|------------|------------|
| A.1        | 3.675  | 4.625  | 330                      | 100                      | 556                     | Tump. X | 1.259 | -66.925 | -5.025E+02 | -5.025E+06 |
|            | 3.675  | 4.625  | 330                      | 100                      | 556                     | Lap. X  | 1.259 | 29.755  | 2.234E+02  | 2.234E+06  |
|            | 3.675  | 4.625  | 330                      | 100                      | 556                     | Tump. Y | 1.259 | -56.585 | -4.249E+02 | -4.249E+06 |
|            | 3.675  | 4.625  | 330                      | 100                      | 556                     | Lap. Y  | 1.259 | 19.415  | 1.458E+02  | 1.458E+06  |
| B.1        | 3.625  | 3.625  | 330                      | 100                      | 556                     | Tump. X | 1.000 | -52.000 | -3.799E+02 | -3.799E+06 |
|            | 3.625  | 3.625  | 330                      | 100                      | 556                     | Lap. X  | 1.000 | 21.000  | 1.534E+02  | 1.534E+06  |
|            | 3.625  | 3.625  | 330                      | 100                      | 556                     | Tump. Y | 1.000 | -52.000 | -3.799E+02 | -3.799E+06 |
|            | 3.625  | 3.625  | 330                      | 100                      | 556                     | Lap. Y  | 1.000 | 21.000  | 1.534E+02  | 1.534E+06  |
| D          | 2.750  | 2.850  | 330                      | 100                      | 556                     | Tump. X | 1.036 | -54.545 | -2.294E+02 | -2.294E+06 |
|            | 2.750  | 2.850  | 330                      | 100                      | 556                     | Lap. X  | 1.036 | 22.455  | 9.442E+01  | 9.442E+05  |
|            | 2.750  | 2.850  | 330                      | 100                      | 556                     | Tump. Y | 1.036 | -52.727 | -2.217E+02 | -2.217E+06 |
|            | 2.750  | 2.850  | 330                      | 100                      | 556                     | Lap. Y  | 1.036 | 21.000  | 8.830E+01  | 8.830E+05  |
| E          | 1.650  | 2.225  | 330                      | 100                      | 556                     | Tump. X | 1.348 | -70.939 | -1.074E+02 | -1.074E+06 |
|            | 1.650  | 2.225  | 330                      | 100                      | 556                     | Lap. X  | 1.348 | 32.455  | 4.913E+01  | 4.913E+05  |
|            | 1.650  | 2.225  | 330                      | 100                      | 556                     | Tump. Y | 1.348 | -57.000 | -8.628E+01 | -8.628E+05 |
|            | 1.650  | 2.225  | 330                      | 100                      | 556                     | Lap. Y  | 1.348 | 18.515  | 2.803E+01  | 2.803E+05  |
| F          | 1.725  | 2.850  | 330                      | 100                      | 556                     | Tump. X | 1.652 | -80.043 | -1.324E+02 | -1.324E+06 |
|            | 1.725  | 2.850  | 330                      | 100                      | 556                     | Lap. X  | 1.652 | 37.522  | 6.208E+01  | 6.208E+05  |
|            | 1.725  | 2.850  | 330                      | 100                      | 556                     | Tump. Y | 1.652 | -57.000 | -9.430E+01 | -9.430E+05 |
|            | 1.725  | 2.850  | 330                      | 100                      | 556                     | Lap. Y  | 1.652 | 14.957  | 2.474E+01  | 2.474E+05  |

**TABEL 3.3.1. PENULANGAN LENTUR PELAT LANTAI 1, 2 DAN 3**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat = 120 mm  
 Penutup beton = 20 mm  
 $p_{bal} = 0.04296603$   
 $p_{sej} = 0.032247452$   
 $p_{min} = 0.004375$

| Type Pelat | Lx (m) | Ly (m) | Daerah  | d (mm) | Mu (N.mm)  | Rn (MPa) | m      | p perlu | p pakai | Tulangan utama              |                | Tulangan Bagi             |                |                           |
|------------|--------|--------|---------|--------|------------|----------|--------|---------|---------|-----------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
|            |        |        |         |        |            |          |        |         |         | As perlu (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan | As ada (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan | As ada (cm <sup>2</sup> ) |
| A.1        | 3.675  | 4.625  | Tump. X | 95     | -8.670E+06 | 1.201    | 12.893 | 0.00385 | 0.00438 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 3.675  | 4.625  | Lap. X  | 95     | 3.855E+06  | 0.534    | 12.893 | 0.00169 | 0.00438 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 3.675  | 4.625  | Tump. Y | 85     | -7.330E+06 | 1.268    | 12.893 | 0.00407 | 0.00438 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 3.675  | 4.625  | Lap. Y  | 85     | 2.515E+06  | 0.435    | 12.893 | 0.00137 | 0.00438 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
| B.1        | 3.625  | 3.625  | Tump. X | 95     | -6.554E+06 | 0.908    | 12.893 | 0.00289 | 0.00438 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 3.625  | 3.625  | Lap. X  | 95     | 2.647E+06  | 0.367    | 12.893 | 0.00115 | 0.00438 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 3.625  | 3.625  | Tump. Y | 85     | -6.554E+06 | 1.134    | 12.893 | 0.00363 | 0.00438 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 3.625  | 3.625  | Lap. Y  | 85     | 2.647E+06  | 0.458    | 12.893 | 0.00144 | 0.00438 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
| C          | 2.700  | 3.625  | Tump. X | 95     | -4.944E+06 | 0.685    | 12.893 | 0.00217 | 0.00438 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 2.700  | 3.625  | Lap. X  | 95     | 2.257E+06  | 0.313    | 12.893 | 0.00098 | 0.00438 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 2.700  | 3.625  | Tump. Y | 85     | -3.986E+06 | 0.690    | 12.893 | 0.00219 | 0.00438 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 2.700  | 3.625  | Lap. Y  | 85     | 1.299E+06  | 0.225    | 12.893 | 0.00071 | 0.00438 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
| D          | 2.750  | 2.850  | Tump. X | 95     | -3.957E+06 | 0.548    | 12.893 | 0.00173 | 0.00438 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 2.750  | 2.850  | Lap. X  | 95     | 1.629E+06  | 0.226    | 12.893 | 0.00071 | 0.00438 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 2.750  | 2.850  | Tump. Y | 85     | -3.825E+06 | 0.662    | 12.893 | 0.00210 | 0.00438 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 2.750  | 2.850  | Lap. Y  | 85     | 1.523E+06  | 0.264    | 12.893 | 0.00083 | 0.00438 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
| E          | 1.650  | 2.225  | Tump. X | 95     | -1.853E+06 | 0.257    | 12.893 | 0.00081 | 0.00438 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 1.650  | 2.225  | Lap. X  | 95     | 8.475E+05  | 0.117    | 12.893 | 0.00037 | 0.00438 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 1.650  | 2.225  | Tump. Y | 85     | -1.489E+06 | 0.258    | 12.893 | 0.00081 | 0.00438 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 1.650  | 2.225  | Lap. Y  | 85     | 4.835E+05  | 0.084    | 12.893 | 0.00026 | 0.00438 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
| F          | 1.725  | 2.850  | Tump. X | 95     | -2.285E+06 | 0.316    | 12.893 | 0.00100 | 0.00438 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 1.725  | 2.850  | Lap. X  | 95     | 1.071E+06  | 0.148    | 12.893 | 0.00046 | 0.00438 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 1.725  | 2.850  | Tump. Y | 85     | -1.627E+06 | 0.281    | 12.893 | 0.00088 | 0.00438 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 1.725  | 2.850  | Lap. Y  | 85     | 4.269E+05  | 0.074    | 12.893 | 0.00023 | 0.00438 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | D.8 - 50       | 1.006                     |

**TABEL 3.3.2. PENULANGAN LENTUR PELAT LANTAI MEZZANINE**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat = 120 mm  
 Penutup beton = 20 mm  
  
 Rho bal. = 0.042996603  
 Rho max = 0.032247452  
 Rho min = 0.004375

| Type Pelat | Lx (m) | Ly (m) | Daerah  | d (mm) | Mu (N.mm)  | Ru (MPa) | m      | ρ perlu  | ρ pakai  | Tulangan Pokok              |                | Tulangan Bagi             |                             |                |                           |
|------------|--------|--------|---------|--------|------------|----------|--------|----------|----------|-----------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|----------------|---------------------------|
|            |        |        |         |        |            |          |        |          |          | As perlu (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan | As ada (cm <sup>2</sup> ) | As perlu (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan | As ada (cm <sup>2</sup> ) |
| A.1        | 3.675  | 4.625  | Tump. X | 95     | -8.670E+06 | 1.201    | 12.893 | 0.003848 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | 0.83                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 3.675  | 4.625  | Lap. X  | 95     | 3.855E+06  | 0.534    | 12.893 | 0.001687 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | 0.83                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 3.675  | 4.625  | Tump. Y | 85     | -7.330E+06 | 1.268    | 12.893 | 0.004070 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | 0.74                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 3.675  | 4.625  | Lap. Y  | 85     | 2.515E+06  | 0.435    | 12.893 | 0.001372 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | 0.74                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
| B.1        | 3.625  | 3.625  | Tump. X | 95     | -6.554E+06 | 0.908    | 12.893 | 0.002891 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | 0.83                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 3.625  | 3.625  | Lap. X  | 95     | 2.647E+06  | 0.367    | 12.893 | 0.001154 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | 0.83                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 3.625  | 3.625  | Tump. Y | 85     | -6.554E+06 | 1.134    | 12.893 | 0.003629 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | 0.74                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 3.625  | 3.625  | Lap. Y  | 85     | 2.647E+06  | 0.458    | 12.893 | 0.001445 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | 0.74                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
| D          | 2.750  | 2.850  | Tump. X | 95     | -3.957E+06 | 0.548    | 12.893 | 0.001732 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | 0.83                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 2.750  | 2.850  | Lap. X  | 95     | 1.629E+06  | 0.226    | 12.893 | 0.000708 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | 0.83                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 2.750  | 2.850  | Tump. Y | 85     | -3.825E+06 | 0.662    | 12.893 | 0.002096 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | 0.74                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 2.750  | 2.850  | Lap. Y  | 85     | 1.523E+06  | 0.264    | 12.893 | 0.000828 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | 0.74                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
| E          | 1.650  | 2.225  | Tump. X | 95     | -1.853E+06 | 0.257    | 12.893 | 0.000806 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | 0.83                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 1.650  | 2.225  | Lap. X  | 95     | 8.475E+05  | 0.117    | 12.893 | 0.000368 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | 0.83                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 1.650  | 2.225  | Tump. Y | 85     | -1.489E+06 | 0.258    | 12.893 | 0.000809 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | 0.74                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 1.650  | 2.225  | Lap. Y  | 85     | 4.835E+05  | 0.084    | 12.893 | 0.000262 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | 0.74                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
| F          | 1.725  | 2.850  | Tump. X | 95     | -2.285E+06 | 0.316    | 12.893 | 0.000995 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | 0.83                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 1.725  | 2.850  | Lap. X  | 95     | 1.071E+06  | 0.148    | 12.893 | 0.000465 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16      | 4.714                     | 0.83                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 1.725  | 2.850  | Tump. Y | 85     | -1.627E+06 | 0.281    | 12.893 | 0.000885 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | 0.74                        | D.8 - 50       | 1.006                     |
|            | 1.725  | 2.850  | Lap. Y  | 85     | 4.269E+05  | 0.074    | 12.893 | 0.000231 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20      | 3.929                     | 0.74                        | D.8 - 50       | 1.006                     |

TABEL 3.3.3. PENULANGAN LENTUR PELAT LANTAI 4 s/d 8 (TIPIKAL)

fc' = 29.2 MPa  
fy = 320 MPa  
Tebal pelat = 120 mm  
Penutup beton = 20 mm  
p<sub>bel</sub> = 0.042996603  
p<sub>max</sub> = 0.032247452  
p<sub>min</sub> = 0.004375

| Type Pelat | Lx (m) | Ly (m) | Daerah  | d (mm) | Mu (N.mm)  | Ru (MPa) | m      | ρ perlu  | ρ pakai  | Tulangan Pokok              |           | Tulangan Bagi             |                             |          |                           |
|------------|--------|--------|---------|--------|------------|----------|--------|----------|----------|-----------------------------|-----------|---------------------------|-----------------------------|----------|---------------------------|
|            |        |        |         |        |            |          |        |          |          | As perlu (cm <sup>2</sup> ) | tulangan  | As ada (cm <sup>2</sup> ) | As perlu (cm <sup>2</sup> ) | tulangan | As ada (cm <sup>2</sup> ) |
| A.1        | 3.675  | 4.625  | Tump. X | 95     | -8.670E+06 | 1.201    | 12.893 | 0.003848 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16 | 4.714                     | 0.831                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 3.675  | 4.625  | Lap. X  | 95     | 3.855E+06  | 0.534    | 12.893 | 0.001687 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16 | 4.714                     | 0.831                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 3.675  | 4.625  | Tump. Y | 85     | -7.330E+06 | 1.268    | 12.893 | 0.004070 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20 | 3.929                     | 0.744                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
| A.2        | 3.675  | 4.625  | Lap. Y  | 85     | 2.515E+06  | 0.435    | 12.893 | 0.001372 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20 | 3.929                     | 0.744                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 3.675  | 4.625  | Tump. X | 95     | -1.880E+07 | 2.603    | 12.893 | 0.008613 | 0.008613 | 8.183                       | D.10 - 09 | 8.6401                    | 1.637                       | D.8 - 25 | 2.01144                   |
|            | 3.675  | 4.625  | Lap. X  | 95     | 7.667E+06  | 1.062    | 12.893 | 0.003393 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16 | 4.714                     | 0.831                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
| B.1        | 3.675  | 4.625  | Tump. Y | 85     | -1.656E+07 | 2.864    | 12.893 | 0.009538 | 0.009538 | 8.107                       | D.10 - 09 | 8.6401                    | 1.621                       | D.8 - 25 | 2.01144                   |
|            | 3.675  | 4.625  | Lap. Y  | 85     | 6.075E+06  | 1.051    | 12.893 | 0.003357 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20 | 3.929                     | 0.744                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 3.625  | 3.625  | Tump. X | 95     | -6.554E+06 | 0.908    | 12.893 | 0.002891 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16 | 4.714                     | 0.831                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
| B.2        | 3.625  | 3.625  | Lap. X  | 95     | 2.647E+06  | 0.367    | 12.893 | 0.001154 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16 | 4.714                     | 0.831                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 3.625  | 3.625  | Tump. Y | 85     | -6.554E+06 | 1.134    | 12.893 | 0.003629 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20 | 3.929                     | 0.744                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 3.625  | 3.625  | Lap. Y  | 85     | 2.647E+06  | 0.458    | 12.893 | 0.001445 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20 | 3.929                     | 0.744                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
| D          | 3.625  | 3.625  | Tump. X | 95     | -1.958E+07 | 2.711    | 12.893 | 0.008995 | 0.008995 | 8.545                       | D.10 - 09 | 8.6401                    | 1.709                       | D.8 - 25 | 2.01144                   |
|            | 3.625  | 3.625  | Lap. X  | 95     | 9.899E+06  | 1.371    | 12.893 | 0.004410 | 0.004410 | 4.189                       | D.10 - 16 | 4.714                     | 0.838                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 3.625  | 3.625  | Tump. Y | 85     | -1.674E+07 | 2.896    | 12.893 | 0.009649 | 0.009649 | 8.202                       | D.10 - 09 | 8.6401                    | 1.640                       | D.8 - 25 | 2.01144                   |
| E          | 3.625  | 3.625  | Lap. Y  | 85     | 7.848E+06  | 1.358    | 12.893 | 0.004366 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20 | 3.929                     | 0.744                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 2.750  | 2.850  | Tump. X | 95     | -3.957E+06 | 0.548    | 12.893 | 0.001732 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16 | 4.714                     | 0.831                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 2.750  | 2.850  | Lap. X  | 95     | 1.629E+06  | 0.226    | 12.893 | 0.000708 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16 | 4.714                     | 0.831                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
| F          | 2.750  | 2.850  | Tump. Y | 85     | -3.825E+06 | 0.662    | 12.893 | 0.002096 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20 | 3.929                     | 0.744                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 2.750  | 2.850  | Lap. Y  | 85     | 1.523E+06  | 0.264    | 12.893 | 0.000828 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20 | 3.929                     | 0.744                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 1.650  | 2.225  | Tump. X | 95     | -1.853E+06 | 0.257    | 12.893 | 0.000806 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16 | 4.714                     | 0.831                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 1.650  | 2.225  | Lap. X  | 95     | 8.475E+05  | 0.117    | 12.893 | 0.000368 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16 | 4.714                     | 0.831                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 1.650  | 2.225  | Tump. Y | 85     | -1.489E+06 | 0.258    | 12.893 | 0.000809 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20 | 3.929                     | 0.744                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 1.650  | 2.225  | Lap. Y  | 85     | 4.835E+05  | 0.084    | 12.893 | 0.000262 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20 | 3.929                     | 0.744                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 1.725  | 2.850  | Tump. X | 95     | -2.285E+06 | 0.316    | 12.893 | 0.000995 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16 | 4.714                     | 0.831                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 1.725  | 2.850  | Lap. X  | 95     | 1.071E+06  | 0.148    | 12.893 | 0.000465 | 0.004375 | 4.156                       | D.10 - 16 | 4.714                     | 0.831                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 1.725  | 2.850  | Tump. Y | 85     | -1.627E+06 | 0.281    | 12.893 | 0.000885 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20 | 3.929                     | 0.744                       | D.8 - 50 | 1.006                     |
|            | 1.725  | 2.850  | Lap. Y  | 85     | 4.269E+05  | 0.074    | 12.893 | 0.000231 | 0.004375 | 3.719                       | D.10 - 20 | 3.929                     | 0.744                       | D.8 - 50 | 1.006                     |

**TABEL 3.3.4. PENULANGAN LENTUR PELAT ATAP**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat = 100 mm  
 Penutup beton = 20 mm  
  
 $Rho \text{ bal.} = 0.042996603$   
 $Rho \text{ max} = 0.032247452$   
 $Rho \text{ min} = 0.004375$

| Type<br>Pelat | Lx<br>(m) | Ly<br>(m) | Daerah  | d<br>(mm) | Mu<br>(N.mm) | Ru<br>(MPa) | m      | ρ<br>perlu | ρ<br>pakai | Tulangan Pokok                 |                   | Tulangan Susut               |                   |                              |
|---------------|-----------|-----------|---------|-----------|--------------|-------------|--------|------------|------------|--------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|
|               |           |           |         |           |              |             |        |            |            | As perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | Pakai<br>tulangan | As ada<br>(cm <sup>2</sup> ) | Pakai<br>tulangan | As ada<br>(cm <sup>2</sup> ) |
| A.1           | 3.675     | 4.625     | Tump. X | 75        | -5.025E+06   | 1.117       | 12.893 | 0.003572   | 0.004375   | 3.281                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 3.675     | 4.625     | Lap. X  | 75        | 2.234E+06    | 0.497       | 12.893 | 0.001567   | 0.004375   | 3.281                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 3.675     | 4.625     | Tump. Y | 65        | -4.249E+06   | 1.257       | 12.893 | 0.004033   | 0.004375   | 2.844                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 3.675     | 4.625     | Lap. Y  | 65        | 1.458E+06    | 0.431       | 12.893 | 0.001360   | 0.004375   | 2.844                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
| B.1           | 3.625     | 3.625     | Tump. X | 75        | -3.799E+06   | 0.844       | 12.893 | 0.002685   | 0.004375   | 3.281                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 3.625     | 3.625     | Lap. X  | 75        | 1.534E+06    | 0.341       | 12.893 | 0.001073   | 0.004375   | 3.281                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 3.625     | 3.625     | Tump. Y | 65        | -3.799E+06   | 1.124       | 12.893 | 0.003596   | 0.004375   | 2.844                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 3.625     | 3.625     | Lap. Y  | 65        | 1.534E+06    | 0.454       | 12.893 | 0.001432   | 0.004375   | 2.844                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
| D             | 2.750     | 2.850     | Tump. X | 75        | -2.294E+06   | 0.510       | 12.893 | 0.001609   | 0.004375   | 3.281                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 2.750     | 2.850     | Lap. X  | 75        | 9.442E+05    | 0.210       | 12.893 | 0.000658   | 0.004375   | 3.281                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 2.750     | 2.850     | Tump. Y | 65        | -2.217E+06   | 0.656       | 12.893 | 0.002078   | 0.004375   | 2.844                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 2.750     | 2.850     | Lap. Y  | 65        | 8.830E+05    | 0.261       | 12.893 | 0.000821   | 0.004375   | 2.844                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
| E             | 1.650     | 2.225     | Tump. X | 75        | -1.074E+06   | 0.239       | 12.893 | 0.000749   | 0.004375   | 3.281                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 1.650     | 2.225     | Lap. X  | 75        | 4.913E+05    | 0.109       | 12.893 | 0.000342   | 0.004375   | 3.281                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 1.650     | 2.225     | Tump. Y | 65        | -8.628E+05   | 0.255       | 12.893 | 0.000802   | 0.004375   | 2.844                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 1.650     | 2.225     | Lap. Y  | 65        | 2.803E+05    | 0.083       | 12.893 | 0.000260   | 0.004375   | 2.844                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
| F             | 1.725     | 2.850     | Tump. X | 75        | -1.324E+06   | 0.294       | 12.893 | 0.000925   | 0.004375   | 3.281                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 1.725     | 2.850     | Lap. X  | 75        | 6.208E+05    | 0.138       | 12.893 | 0.000432   | 0.004375   | 3.281                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 1.725     | 2.850     | Tump. Y | 65        | -9.430E+05   | 0.279       | 12.893 | 0.000877   | 0.004375   | 2.844                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |
|               | 1.725     | 2.850     | Lap. Y  | 65        | 2.474E+05    | 0.073       | 12.893 | 0.000229   | 0.004375   | 2.844                          | D.10 - 20         | 3.929                        | D.8 - 50          | 1.006                        |

**TABEL 4.1.1. PERHITUNGAN MOMEN DINDING PENAHAN TANAH**

Berat Volume Tanah = 1650 kg/m<sup>3</sup>  
Koefisien Tanah Aktif = 0.57

| Type Pelat      | Interval (m) | Tinggi (m) | $q_1$ (kg/m <sup>2</sup> ) | $q_2$ (kg/m <sup>2</sup> ) | $P_1$ (kg) | Tinggi Garis Kerja $P_1$ | $M_{uy}$ (kg-m) | $M_{uy}$ (N-mm) |
|-----------------|--------------|------------|----------------------------|----------------------------|------------|--------------------------|-----------------|-----------------|
| DINDING PENAHAN | 0 - 4        | 1.0        | 228                        | 940.5                      | 470.25     | 0.33333                  | 2.918E+02       | 2.918E+06       |
|                 | 4 - 8        | 1.5        | 228                        | 1410.75                    | 1058.06    | 0.5                      | 7.610E+02       | 7.610E+06       |
|                 | 8 - 12       | 2.0        | 228                        | 1881                       | 1881       | 0.66667                  | 1.507E+03       | 1.507E+07       |
|                 | 12 - 16      | 2.5        | 228                        | 2351.25                    | 2939.06    | 0.83333                  | 2.737E+03       | 2.737E+07       |
|                 | 16 - 20      | 3.0        | 228                        | 2821.5                     | 4232.25    | 1                        | 5.239E+03       | 5.239E+07       |
|                 | 20 - 36      | 4.0        | 228                        | 3762                       | 7524       | 1.33333                  | 5.239E+03       | 5.239E+07       |
|                 | 36 - 40      | 3.0        | 228                        | 2821.5                     | 4232.25    | 1                        | 5.239E+03       | 5.239E+07       |
|                 | 40 - 44      | 2.5        | 228                        | 2351.25                    | 2939.06    | 0.83333                  | 2.737E+03       | 2.737E+07       |
|                 | 44 - 48      | 2.0        | 228                        | 1881                       | 1881       | 0.66667                  | 1.507E+03       | 1.507E+07       |
|                 | 48 - 52      | 1.5        | 228                        | 1410.75                    | 1058.06    | 0.5                      | 7.610E+02       | 7.610E+06       |
|                 | 52 - 56      | 1.0        | 228                        | 940.5                      | 470.25     | 0.33333                  | 2.918E+02       | 2.918E+06       |

**TABEL 4.2.1. PENULANGAN LENTUR DINDING PENAHAN TANAH**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$        $P_{bal} = 0.0429966$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$        $P_{max} = 0.0322475$   
 Tebal dinding penahan tanah = 200 mm       $P_{min} = 0.004375$   
 Penutup beton = 20 mm

| Type Pelat                  | Interval (m) | Tinggi (m) | d (mm)    | Muy (N-mm) | Ru (MPa) | m       | p perlu | p pakai | Tulangan pokok              |                | Tulangan horizontal (arah X) |                             |                |                           |
|-----------------------------|--------------|------------|-----------|------------|----------|---------|---------|---------|-----------------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------|----------------|---------------------------|
|                             |              |            |           |            |          |         |         |         | As perlu (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan | As ada (cm <sup>2</sup> )    | As perlu (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan | As ada (cm <sup>2</sup> ) |
| DINDING<br>PENAHAN<br>TANAH | 0 - 4        | 1.0        | 172       | 2.918E+06  | 0.123    | 12.893  | 0.00039 | 0.00438 | 7.525                       | D.16 - 25      | 8.045                        | 4.300                       | D.12 - 25      | 4.52                      |
|                             | 4 - 8        | 1.5        | 172       | 7.610E+06  | 0.322    | 12.893  | 0.00101 | 0.00438 | 7.525                       | D.16 - 25      | 8.045                        | 4.300                       | D.12 - 25      | 4.52                      |
|                             | 8 - 12       | 2.0        | 172       | 1.507E+07  | 0.637    | 12.893  | 0.00202 | 0.00438 | 7.525                       | D.16 - 25      | 8.045                        | 4.300                       | D.12 - 25      | 4.52                      |
|                             | 12 - 16      | 2.5        | 172       | 2.737E+07  | 1.156    | 12.893  | 0.00370 | 0.00438 | 7.525                       | D.16 - 25      | 8.045                        | 4.300                       | D.12 - 25      | 4.52                      |
|                             | 16 - 20      | 3.0        | 172       | 5.239E+07  | 2.213    | 12.893  | 0.00726 | 0.00726 | 12.481                      | D.16 - 14      | 14.08                        | 4.300                       | D.12 - 25      | 4.52                      |
|                             | 20 - 36      | 4.0        | 172       | 5.239E+07  | 2.213    | 12.893  | 0.00726 | 0.00726 | 12.481                      | D.16 - 14      | 14.08                        | 4.300                       | D.12 - 25      | 4.52                      |
|                             | 36 - 40      | 3.0        | 172       | 5.239E+07  | 2.213    | 12.893  | 0.00726 | 0.00726 | 12.481                      | D.16 - 14      | 14.08                        | 4.300                       | D.12 - 25      | 4.52                      |
|                             | 40 - 44      | 2.5        | 172       | 2.737E+07  | 1.156    | 12.893  | 0.00370 | 0.00438 | 7.525                       | D.16 - 25      | 8.045                        | 4.300                       | D.12 - 25      | 4.52                      |
|                             | 44 - 48      | 2.0        | 172       | 1.507E+07  | 0.637    | 12.893  | 0.00202 | 0.00438 | 7.525                       | D.16 - 25      | 8.045                        | 4.300                       | D.12 - 25      | 4.52                      |
|                             | 48 - 52      | 1.5        | 172       | 7.610E+06  | 0.322    | 12.893  | 0.00101 | 0.00438 | 7.525                       | D.16 - 25      | 8.045                        | 4.300                       | D.12 - 25      | 4.52                      |
| 52 - 56                     | 1.0          | 172        | 2.918E+06 | 0.123      | 12.893   | 0.00039 | 0.00438 | 7.525   | D.16 - 25                   | 8.045          | 4.300                        | D.12 - 25                   | 4.52           |                           |

**TABEL 4.2.3. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR TANGGA TIPE - B**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$        $Rho \text{ bal.} = 0,0422966$       Tul. utama arah X = D.16  
 $f_y = 320 \text{ MPa}$        $Rho \text{ max} = 0,03224745$       Tul. utama arah Y = D.16  
 Tebal pelat tangga/bordes = 140 mm       $Rho \text{ min} = 0,004375$       Penutup beton = 20 mm

| Jenis        | Daerah           | Mu<br>(N.mm)            | Vu<br>(N) | Nu<br>(N)       | d<br>(mm) | m                | Rn<br>(MPa)    | P<br>Perlu           | P<br>Pakai           | As<br>Aksial<br>(cm <sup>2</sup> ) | As<br>Lentur<br>(cm <sup>2</sup> ) | As<br>Pakai<br>(cm <sup>2</sup> ) | Pakai<br>Tulangan      | As<br>Ada<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|--------------|------------------|-------------------------|-----------|-----------------|-----------|------------------|----------------|----------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Tangga Bawah | Lap. X<br>Lap. Y | 1.894E+07<br>5.703E+06  |           | -2.228E+05<br>- | 112<br>96 | 12.893<br>12.893 | 1.888<br>0.773 | 0.006142<br>0.002456 | 0.006142<br>0.004375 | 6.963<br>0.000                     | 6.879<br>4.200                     | 13.842<br>4.200                   | D.16 - 14<br>D.16 - 28 | 14.08<br>6.031                  |
| Bordes       | Lap. X<br>Lap. Y | 2.209E+06<br>2.307E+06  |           | -<br>-          | 112<br>96 | 12.893<br>12.893 | 0.220<br>0.313 | 0.000691<br>0.000984 | 0.004375<br>0.004375 | 0.000<br>0.000                     | 4.900<br>4.200                     | 4.900<br>4.200                    | D.16 - 28<br>D.16 - 28 | 6.031<br>6.031                  |
| Tangga Atas  | Lap. X<br>Lap. Y | 1.891E+07<br>-5.705E+06 |           | -2.228E+05<br>- | 112<br>96 | 12.893<br>12.893 | 1.884<br>0.774 | 0.006131<br>0.002457 | 0.006131<br>0.004375 | 6.963<br>0.000                     | 6.867<br>4.200                     | 13.829<br>4.200                   | D.16 - 14<br>D.16 - 28 | 14.08<br>6.031                  |

Catatan :

- Tulangan tambahan (As Aksial)  $\approx Nu/f_y$  (ditambahkan pada Tulangan lentur)
- Kekuatan geser ijin beton ( $V_u$  ijin)  $\approx 57607,2 > V_u$  ada (jadi tidak perlu tulangan geser)
- Untuk bordes, tulangan dipasang pada bagian atas dan bawah, baik pada tumpuan maupun lapangan
- Untuk tangga bawah dan atas, tulangan pada tumpuan dipasang pada bagian atas, sedangkan pada lapangan tulangan dipasang pada bagian bawah



**TABEL 4.2.4. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR TANGGA TIPE - C**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$       Rho bal. =  $0,0429966$       Tul. utama arah X = D.16  
 $f_y = 320 \text{ MPa}$       Rho max =  $0,03224745$       Tul. utama arah Y = D.16  
 Tebal pelat tangga bordes =  $140 \text{ mm}$       Rho min =  $0,004375$       Penutup beton =  $20 \text{ mm}$

| Jenis           | Daerah | Mu<br>(N.mm) | Vu<br>(N) | Nu<br>(N) | d<br>(mm) | m      | Rn<br>(MPa) | P<br>Perlu | P<br>Pakai | As<br>Aksial<br>(cm <sup>2</sup> ) | As<br>Lentur<br>(cm <sup>2</sup> ) | As<br>Pakai<br>(cm <sup>2</sup> ) | Pakai<br>Tulangan | As<br>Ada<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|--------|--------------|-----------|-----------|-----------|--------|-------------|------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Tangga<br>Bawah | Lap. X | 1.863E+07    |           | 2.660E+05 | 112       | 12.893 | 1.857       | 0.00604    | 0.00604    | 8.313                              | 6.762                              | 15.075                            | D.16 - 12         | 16.085                          |
|                 | Lap. Y | 3.965E+06    |           | -         | 96        | 12.893 | 0.538       | 0.00170    | 0.00438    | 0.000                              | 4.200                              | 4.200                             | D.16 - 25         | 6.031                           |
| Bordes          | Lap. X | 2.370E+06    |           | -         | 112       | 12.893 | 0.236       | 0.00074    | 0.00438    | 0.000                              | 4.900                              | 4.900                             | D.16 - 25         | 6.031                           |
|                 | Lap. Y | 1.565E+06    |           | -         | 96        | 12.893 | 0.212       | 0.00067    | 0.00438    | 0.000                              | 4.200                              | 4.200                             | D.16 - 25         | 6.031                           |
| Tangga<br>Atas  | Lap. X | 1.879E+07    |           | 2.660E+05 | 112       | 12.893 | 1.873       | 0.00609    | 0.00609    | 8.313                              | 6.822                              | 15.135                            | D.16 - 12         | 16.085                          |
|                 | Lap. Y | 3.462E+06    |           | -         | 96        | 12.893 | 0.469       | 0.00148    | 0.00438    | 0.000                              | 4.200                              | 4.200                             | D.16 - 25         | 6.031                           |

Catatan :

- Tulangan tambahan (As Aksial) =  $Nu/f_y$  (ditambahkan pada Tulangan lentur)
- Kekuatan geser (jin beton ( $Vu$  jin)) =  $115847 > Vu$  ada jadi tidak diperlukan tulangan geser)
- Untuk bordes, tulangan dipasang pada bagian atas dan bawah, baik pada tumpuan maupun pada lapangan
- Untuk tangga atas dan tangga bawah, tulangan pada tumpuan dipasang pada bagian atas, sedangkan pada lapangan, tulangan dipasang pada bagian bawah

TABEL 4.2.5. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK ANAK LANTAI 1, 2 DAN 3

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$        $f_y = 320 \text{ MPa}$        $P_{\text{tumpu beton (dc)}} = 30 \text{ mm}$        $P_{\text{bel.}} = 0.042996603$   
 $T_{\text{ulangan utama}} = D.25$        $P_{\text{max}} = 0.032247452$   
 $\text{Begel} = \phi.10$        $P_{\text{min}} = 0.004375$   
 $\text{Tebal pelat lantai} = 120 \text{ mm}$

| Type Balok Anak | Dimensi |        | Daerah | d (mm) | Lebar Efektif (mm) | Mu (Nmm)   | m      | Rn (MPa) | $\rho$ perlu | $\rho$ pakai | As lentur perlu (cm <sup>2</sup> ) | Al perlu (cm <sup>2</sup> ) | As total (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan lentur | As terpasang (cm <sup>2</sup> ) | Kontrol balok T a (mm) | Kontrol balok L a (mm) |
|-----------------|---------|--------|--------|--------|--------------------|------------|--------|----------|--------------|--------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
|                 | b (cm)  | h (cm) |        |        |                    |            |        |          |              |              |                                    |                             |                             |                       |                                 |                        |                        |
| Grid            | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.467E+08 | 12.893 | 4.131    | 0.014209     | 0.014209     | 27.229                             | 0.984                       | 28.213                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Lap.   | 520.0  | 2000.0             | 2.412E+08  | 12.893 | 0.557    | 0.001762     | 0.004375     | 45.500                             | 0.984                       | 46.484                      | 10 D.25               | 49.107                          | 29.966                 | -                      |
|                 | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.467E+08 | 12.893 | 4.131    | 0.014209     | 0.014209     | 27.229                             | 0.984                       | 28.213                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
| An. 1-1         | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.573E+08 | 12.893 | 4.258    | 0.014697     | 0.014697     | 28.164                             | 0.984                       | 29.148                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Lap.   | 520.0  | 2000.0             | 2.064E+08  | 12.893 | 0.477    | 0.001505     | 0.004375     | 45.500                             | 0.984                       | 46.484                      | 10 D.25               | 49.107                          | 29.966                 | -                      |
|                 | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.573E+08 | 12.893 | 4.258    | 0.014697     | 0.014697     | 28.164                             | 0.984                       | 29.148                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
| An. 1-2         | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.467E+08 | 12.893 | 4.131    | 0.014209     | 0.014209     | 27.229                             | 0.984                       | 28.213                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Lap.   | 547.5  | 701.7              | 2.797E+08  | 12.893 | 1.662    | 0.005381     | 0.005381     | 20.671                             | 0.984                       | 21.655                      | 5 D.25                | 24.554                          | -                      | 39.791                 |
|                 | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.467E+08 | 12.893 | 4.131    | 0.014209     | 0.014209     | 27.229                             | 0.984                       | 28.213                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
| An. 1-3         | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.452E+08 | 12.893 | 4.113    | 0.014144     | 0.014144     | 27.103                             | 0.486                       | 27.589                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Lap.   | 547.5  | 350.0              | 1.928E+08  | 12.893 | 2.297    | 0.007546     | 0.007546     | 14.460                             | 0.486                       | 14.946                      | 4 D.25                | 19.643                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.452E+08 | 12.893 | 4.113    | 0.014144     | 0.014144     | 27.103                             | 0.486                       | 27.589                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
| An. 2           | 25      | 45     | Tump.  | 397.5  | 300.0              | -1.528E+08 | 12.893 | 4.031    | 0.013828     | 0.013828     | 16.490                             | 0.486                       | 16.976                      | 4 D.25                | 19.643                          | -                      | -                      |
|                 | 25      | 45     | Lap.   | 370.0  | 1250.0             | 4.613E+07  | 12.893 | 0.337    | 0.001060     | 0.004375     | 20.234                             | 0.486                       | 20.720                      | 5 D.25                | 24.554                          | 21.372                 | -                      |
|                 | 25      | 45     | Tump.  | 397.5  | 300.0              | -1.528E+08 | 12.893 | 4.031    | 0.013828     | 0.013828     | 16.490                             | 0.486                       | 16.976                      | 4 D.25                | 19.643                          | -                      | -                      |
| An. 3           | 25      | 40     | Tump.  | 347.5  | 300.0              | -1.210E+08 | 12.893 | 4.174    | 0.014377     | 0.014377     | 14.988                             | 0.443                       | 15.430                      | 4 D.25                | 19.643                          | -                      | -                      |
|                 | 25      | 40     | Lap.   | 347.5  | 1000.0             | 3.830E+07  | 12.893 | 0.396    | 0.001249     | 0.004375     | 15.203                             | 0.443                       | 15.646                      | 4 D.25                | 19.643                          | -                      | 20.172                 |
|                 | 25      | 40     | Tump.  | 347.5  | 300.0              | -1.210E+08 | 12.893 | 4.174    | 0.014377     | 0.014377     | 14.988                             | 0.443                       | 15.430                      | 4 D.25                | 19.643                          | -                      | -                      |
| An. 4           | 15      | 30     | Tump.  | 247.5  | 150.0              | -4.106E+07 | 12.893 | 5.586    | 0.020046     | 0.020046     | 7.442                              | 0.443                       | 7.885                       | 2 D.25                | 9.821                           | -                      | -                      |
|                 | 15      | 30     | Lap.   | 247.5  | 750.0              | 2.053E+07  | 12.893 | 0.559    | 0.001766     | 0.004375     | 8.121                              | 0.443                       | 8.564                       | 2 D.25                | 9.821                           | -                      | -                      |
|                 | 15      | 30     | Tump.  | 247.5  | 150.0              | -4.106E+07 | 12.893 | 5.586    | 0.020046     | 0.020046     | 7.442                              | 0.443                       | 7.885                       | 2 D.25                | 9.821                           | -                      | 14.722                 |

Keterangan :  
\* Tulangan torsi longitudinal minimal diambil dari 1/3 Al pada Tabel 4.3.1.  
( disebarkan tiap 1/3 Al pada tulangan atas, tengah dan bawah )  
\* Untuk tulangan samping (Side Bar) dipasang 2 D.12 (SK SNI '91, Ayat 3.4.6 butir 8)  
\* Untuk tulangan tekan dipasang tulangan praktis 2 D.25

**TABEL 4.2.6. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK ANAK LANTAI MEZZANINE**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm  
 Pemuput beton ( $d_c$ ) = 30 mm  
 Tulangan utama = D.25.  
 Begal =  $\phi 10$   
 $\rho_{bal} = 0.042996603$   
 $\rho_{max} = 0.032247452$   
 $\rho_{min} = 0.004375$

| Type Balok Anak | Dimensi |        | Daerah | d (mm) | Lebar Efektif (mm) | Mu (Nmm)   | m      | Ru (MPa) | ρ perlu  | ρ pakai  | As lentur perlu (cm <sup>2</sup> ) | Al perlu (cm <sup>2</sup> ) | As total (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan lentur | As terpasang (cm <sup>2</sup> ) | Kontrol balok T a (mm) | Kontrol balok L a (mm) |
|-----------------|---------|--------|--------|--------|--------------------|------------|--------|----------|----------|----------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
|                 | b (cm)  | h (cm) |        |        |                    |            |        |          |          |          |                                    |                             |                             |                       |                                 |                        |                        |
| Grid            | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.467E+08 | 12.893 | 4.131    | 0.014209 | 0.014209 | 27.229                             | 0.984                       | 28.213                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Lap.   | 520.0  | 2000.0             | 2.412E+08  | 12.893 | 0.557    | 0.001762 | 0.004375 | 45.500                             | 0.984                       | 46.484                      | 10 D.25               | 49.107                          | 29.966                 | -                      |
|                 | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.467E+08 | 12.893 | 4.131    | 0.014209 | 0.014209 | 27.229                             | 0.984                       | 28.213                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
| An. 1-2         | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.467E+08 | 12.893 | 4.131    | 0.014209 | 0.014209 | 27.229                             | 0.984                       | 28.213                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Lap.   | 547.5  | 701.7              | 2.797E+08  | 12.893 | 1.662    | 0.005381 | 0.005381 | 20.671                             | 0.984                       | 21.655                      | 5 D.25                | 24.554                          | -                      | 39.791                 |
|                 | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.467E+08 | 12.893 | 4.131    | 0.014209 | 0.014209 | 27.229                             | 0.984                       | 28.213                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
| An. 1-3         | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.452E+08 | 12.893 | 4.113    | 0.014144 | 0.014144 | 27.103                             | 0.486                       | 27.589                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Lap.   | 547.5  | 350.0              | 1.928E+08  | 12.893 | 2.297    | 0.007546 | 0.007546 | 14.460                             | 0.486                       | 14.946                      | 4 D.25                | 19.643                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.452E+08 | 12.893 | 4.113    | 0.014144 | 0.014144 | 27.103                             | 0.486                       | 27.589                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
| An. 2           | 25      | 45     | Tump.  | 397.5  | 300.0              | -1.528E+08 | 12.893 | 4.031    | 0.013828 | 0.013828 | 16.490                             | 0.486                       | 16.976                      | 4 D.25                | 19.643                          | -                      | -                      |
|                 | 25      | 45     | Lap.   | 370.0  | 1250.0             | 4.613E+07  | 12.893 | 0.337    | 0.001060 | 0.004375 | 20.234                             | 0.486                       | 20.720                      | 5 D.25                | 24.554                          | 21.372                 | -                      |
|                 | 25      | 45     | Tump.  | 397.5  | 300.0              | -1.528E+08 | 12.893 | 4.031    | 0.013828 | 0.013828 | 16.490                             | 0.486                       | 16.976                      | 4 D.25                | 19.643                          | -                      | -                      |
| An. 4           | 15      | 30     | Tump.  | 247.5  | 150.0              | -4.106E+07 | 12.893 | 5.586    | 0.020046 | 0.020046 | 7.442                              | 0.161                       | 7.604                       | 2 D.25                | 9.821                           | -                      | -                      |
|                 | 15      | 30     | Lap.   | 247.5  | 750.0              | 2.033E+07  | 12.893 | 0.559    | 0.001766 | 0.004375 | 8.121                              | 0.161                       | 8.283                       | 2 D.25                | 9.821                           | 14.238                 | -                      |
|                 | 15      | 30     | Tump.  | 247.5  | 150.0              | -4.106E+07 | 12.893 | 5.586    | 0.020046 | 0.020046 | 7.442                              | 0.161                       | 7.604                       | 2 D.25                | 9.821                           | -                      | -                      |

- Keterangan :
- \* Tulangan torsi longitudinal minimal diambil dari 1/3 Al pada Tabel 4.3.2.
  - ( disebarkan tiap 1/3 Al pada tulangan atas, tengah dan bawah )
  - \* Untuk tulangan samping (Side Bar) dipasang 2 D.12 (SK SNI '91, Ayat 3.4.6 butir 8)
  - \* Untuk tulangan tekan dipasang tulangan praktis 2 D.25

**TABEL 4.2.7. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK ANAK LANTAI 4 s/d 8**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$       Penutup beton ( $d_c$ ) = 30 mm       $\rho_{bal} = 0,042996603$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$       Tulangan utama = D 25       $\rho_{maks} = 0,032247452$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm      Begal       $\phi 10$        $\rho_{min} = 0,004375$

| Type Balok Anak | Dimensi |        | Daerah | d (mm) | Lebar Efektif (mm) | Mu (Nmm)   | m      | Ru (MPa) | ρ perlu  | ρ pakai  | As lentur perlu (cm <sup>2</sup> ) | Al perlu (cm <sup>2</sup> ) | As total (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan lentur | As terpasang (cm <sup>2</sup> ) | Kontrol balok T a (mm) | Kontrol balok L a (mm) |
|-----------------|---------|--------|--------|--------|--------------------|------------|--------|----------|----------|----------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
|                 | b (cm)  | h (cm) |        |        |                    |            |        |          |          |          |                                    |                             |                             |                       |                                 |                        |                        |
| Grid            | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.467E+08 | 12.893 | 4.131    | 0.014209 | 0.014209 | 27.229                             | 0.984                       | 28.213                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Lap.   | 520.0  | 2000.0             | 2.412E+08  | 12.893 | 0.557    | 0.001762 | 0.004375 | 45.500                             | 0.984                       | 46.484                      | 10 D.25               | 49.107                          | 29.966                 | -                      |
|                 | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.467E+08 | 12.893 | 4.131    | 0.014209 | 0.014209 | 27.229                             | 0.984                       | 28.213                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
| An. 1-2         | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.467E+08 | 12.893 | 4.131    | 0.014209 | 0.014209 | 27.229                             | 0.984                       | 28.213                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Lap.   | 547.5  | 701.7              | 2.797E+08  | 12.893 | 1.662    | 0.005381 | 0.005381 | 20.671                             | 0.984                       | 21.655                      | 5 D.25                | 24.554                          | -                      | 39.791                 |
|                 | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.467E+08 | 12.893 | 4.131    | 0.014209 | 0.014209 | 27.229                             | 0.984                       | 28.213                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
| An. 1-3         | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.452E+08 | 12.893 | 4.113    | 0.014144 | 0.014144 | 27.103                             | 0.486                       | 27.589                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Lap.   | 547.5  | 350.0              | 1.928E+08  | 12.893 | 2.297    | 0.007546 | 0.007546 | 14.460                             | 0.486                       | 14.946                      | 4 D.25                | 19.643                          | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60     | Tump.  | 547.5  | 350.0              | -3.452E+08 | 12.893 | 4.113    | 0.014144 | 0.014144 | 27.103                             | 0.486                       | 27.589                      | 6 D.25                | 29.464                          | -                      | -                      |
| An. 2           | 25      | 45     | Tump.  | 397.5  | 300.0              | -1.528E+08 | 12.893 | 4.031    | 0.013828 | 0.013828 | 16.490                             | 0.486                       | 16.976                      | 4 D.25                | 19.643                          | -                      | -                      |
|                 | 25      | 45     | Lap.   | 370.0  | 1250.0             | 4.613E+07  | 12.893 | 0.337    | 0.001060 | 0.004375 | 20.234                             | 0.486                       | 20.720                      | 5 D.25                | 24.554                          | 21.372                 | -                      |
|                 | 25      | 45     | Tump.  | 397.5  | 300.0              | -1.528E+08 | 12.893 | 4.031    | 0.013828 | 0.013828 | 16.490                             | 0.486                       | 16.976                      | 4 D.25                | 19.643                          | -                      | -                      |
| An. 4           | 15      | 30     | Tump.  | 247.5  | 150.0              | -4.106E+07 | 12.893 | 5.586    | 0.020046 | 0.020046 | 7.442                              | 0.161                       | 7.604                       | 2 D.25                | 9.821                           | -                      | -                      |
|                 | 15      | 30     | Lap.   | 247.5  | 750.0              | 2.053E+07  | 12.893 | 0.559    | 0.001766 | 0.004375 | 8.121                              | 0.161                       | 8.283                       | 2 D.25                | 9.821                           | -                      | 14.238                 |
|                 | 15      | 30     | Tump.  | 247.5  | 150.0              | -4.106E+07 | 12.893 | 5.586    | 0.020046 | 0.020046 | 7.442                              | 0.161                       | 7.604                       | 2 D.25                | 9.821                           | -                      | -                      |

Keterangan :

- \* Tulangan torsi longitudinal minimal diambil dari 1/3 Al pada Tabel 4.3.1.
- ( disebarkan tiap 1/3 Al pada tulangan atas, tengah dan bawah )
- \* Untuk tulangan samping (Side Bar) dipasang 2 D 12 (SK SNI '91, Ayat 3.4.6 butir b)
- \* Untuk tulangan tekan dipasang tulangan praktis 2 D 25

TABEL 4.3.1. PERHITUN

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

| Tipe Balok Anak | Dimensi |        | x (m) |
|-----------------|---------|--------|-------|
|                 | b (cm)  | h (cm) |       |
| Grid            | 35      | 60     | 24    |
|                 | 35      | 60     | 21    |
|                 | 35      | 60     | 21    |
| An. 1-1         | 35      | 60     | 2     |
|                 | 35      | 60     | 2     |
|                 | 35      | 60     | 2     |
| An. 1-2         | 35      | 60     | 1     |
|                 | 35      | 60     | 1     |
|                 | 35      | 60     | 1     |
| An. 1-3         | 35      | 60     | 1     |
|                 | 35      | 60     | 1     |
|                 | 35      | 60     | 1     |
| An. 2           | 25      | 45     | 1     |
|                 | 25      | 45     | 1     |
|                 | 25      | 45     | 1     |
| An. 3           | 25      | 40     | 1     |
|                 | 25      | 40     | 1     |
|                 | 25      | 40     | 1     |
| An. 4           | 15      | 30     | 1     |
|                 | 15      | 30     | 1     |
|                 | 15      | 30     | 1     |

TABEL 4.2.8. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK ANAK LANTAI ATAP

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm  
 Penutup beton ( $d_c$ ) = 30 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Begal =  $\phi 10$   
 $\rho_{bal} = 0,042996603$   
 $\rho_{max} = 0,032247452$   
 $\rho_{min} = 0,004375$

| Tipe Balok Anak | Dimensi |    | Daerah | d (mm) | Lebar Efektif (mm) | Mu (N.mm)  | m      | Ru (MPa) | $\rho$ perlu | $\rho$ pakai | As lentur perlu ( $\text{cm}^2$ ) | Al perlu ( $\text{cm}^2$ ) | As total ( $\text{cm}^2$ ) | Pakai tulangan lentur | As terpasang ( $\text{cm}^2$ ) | Kontrol balok T a (mm) | Kontrol balok L a (mm) |
|-----------------|---------|----|--------|--------|--------------------|------------|--------|----------|--------------|--------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------|
| Grid            | 35      | 60 | Tump.  | 547,5  | 350,0              | -3,154E+08 | 12,893 | 3,758    | 0,012798     | 0,012798     | 24,524                            | 0,984                      | 25,509                     | 6 D.25                | 29,464                         | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60 | Lap.   | 520,0  | 2000,0             | 2,106E+08  | 12,893 | 0,487    | 0,001536     | 0,004375     | 45,500                            | 0,984                      | 46,484                     | 10 D.25               | 49,107                         | 29,966                 | -                      |
|                 | 35      | 60 | Tump.  | 547,5  | 350,0              | -3,154E+08 | 12,893 | 3,758    | 0,012798     | 0,012798     | 24,524                            | 0,984                      | 25,509                     | 6 D.25                | 29,464                         | -                      | -                      |
| An. 1-2         | 35      | 60 | Tump.  | 547,5  | 350,0              | -3,358E+08 | 12,893 | 4,001    | 0,013717     | 0,013717     | 26,285                            | 0,984                      | 27,269                     | 6 D.25                | 29,464                         | -                      | 35,170                 |
|                 | 35      | 60 | Lap.   | 547,5  | 701,7              | 2,467E+08  | 12,893 | 1,466    | 0,004726     | 0,004726     | 18,156                            | 0,984                      | 19,140                     | 4 D.25                | 19,643                         | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60 | Tump.  | 547,5  | 350,0              | -3,358E+08 | 12,893 | 4,001    | 0,013717     | 0,013717     | 26,285                            | 0,984                      | 27,269                     | 6 D.25                | 29,464                         | -                      | -                      |
| An. 1-3         | 35      | 60 | Tump.  | 547,5  | 350,0              | -3,138E+08 | 12,893 | 3,739    | 0,012730     | 0,012730     | 24,393                            | 0,486                      | 24,879                     | 6 D.25                | 29,464                         | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60 | Lap.   | 547,5  | 350,0              | 1,726E+08  | 12,893 | 2,057    | 0,006718     | 0,006718     | 12,873                            | 0,486                      | 13,359                     | 3 D.25                | 14,732                         | -                      | -                      |
|                 | 35      | 60 | Tump.  | 547,5  | 350,0              | -3,138E+08 | 12,893 | 3,739    | 0,012730     | 0,012730     | 24,393                            | 0,486                      | 24,879                     | 6 D.25                | 29,464                         | -                      | -                      |
| An. 2           | 25      | 45 | Tump.  | 397,5  | 300,0              | -1,442E+08 | 12,893 | 3,804    | 0,012971     | 0,012971     | 15,468                            | 0,486                      | 15,954                     | 4 D.25                | 19,643                         | -                      | -                      |
|                 | 25      | 45 | Lap.   | 397,5  | 1250,0             | 4,135E+07  | 12,893 | 0,262    | 0,000822     | 0,004375     | 21,738                            | 0,486                      | 22,224                     | 5 D.25                | 24,554                         | 22,923                 | -                      |
|                 | 25      | 45 | Tump.  | 397,5  | 300,0              | -1,442E+08 | 12,893 | 3,804    | 0,012971     | 0,012971     | 15,468                            | 0,486                      | 15,954                     | 4 D.25                | 19,643                         | -                      | -                      |
| An. 4           | 15      | 30 | Tump.  | 247,5  | 150,0              | -4,023E+07 | 12,893 | 5,473    | 0,019573     | 0,019573     | 7,266                             | 0,161                      | 7,428                      | 2 D.25                | 9,821                          | -                      | -                      |
|                 | 15      | 30 | Lap.   | 247,5  | 750,0              | 1,997E+07  | 12,893 | 0,543    | 0,001717     | 0,004375     | 8,121                             | 0,161                      | 8,283                      | 2 D.25                | 9,821                          | 14,238                 | -                      |
|                 | 15      | 30 | Tump.  | 247,5  | 150,0              | -4,023E+07 | 12,893 | 5,473    | 0,019573     | 0,019573     | 7,266                             | 0,161                      | 7,428                      | 2 D.25                | 9,821                          | -                      | -                      |

Keterangan :

- \* Tulangan torsi longitudinal minimal diambil dari 1/3 Al pada Tabel 4.3.4.
- (disebarkan tiap 1/3 Al pada tulangan atas, tengah dan bawah)
- \* Untuk tulangan samping (Side Bar) dipasang 2 D.12 (SK SNI '91, Ayat 3.4.6 butir 8)
- \* Untuk tulangan lekkan dipasang tulangan praktis 2 D.25

**TABEL 4.3.2. PERHITUNGAN TULANGAN GESER DAN TORSI BALOK ANAK LANTAI MEZZANINE**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$       Penutup beton ( $d_c$ ) = 30 mm  
 $f_y = 320 \text{ MPa}$       Begal =  $\phi 10$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm       $A_v \text{ ada} = 157,143 \text{ mm}^2$   
 $x_1 = b - 2d_c - \phi. \text{ begel}$   
 $y_1 = h - 2d_c - \phi. \text{ begel}$

| Tipe Balok Anak | Dimensi   |           | $x_1$<br>(mm) | $y_1$<br>(mm) | Daerah | d<br>(mm) | $V_u$<br>(kg) | $\phi. V_c$<br>(kg) | $\phi. V_s$<br>(kg) | S<br>perlu<br>(cm) | S<br>max.<br>(cm) | S<br>pastang<br>(cm) | Al min.<br>perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------|-----------|---------------|---------------|--------|-----------|---------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------------|----------------------------------------|
|                 | b<br>(cm) | h<br>(cm) |               |               |        |           |               |                     |                     |                    |                   |                      |                                        |
| Grid            | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | -1.966E+04    | 9.581E+03           | 1.008E+04           | 16.383             | 27.375            | 15                   | 2.953                                  |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Lap.   | 520.0     | -7.249E+03    | 9.100E+03           | 0.000E+00           | 0.000              | 26.000            | 25                   | 2.953                                  |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | 1.966E+04     | 9.581E+03           | 1.008E+04           | 16.383             | 27.375            | 15                   | 2.953                                  |
| An. 1-2         | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | -2.442E+04    | 9.581E+03           | 1.484E+04           | 11.129             | 27.375            | 10                   | 2.953                                  |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Lap.   | 547.5     | -6.893E+03    | 9.581E+03           | 0.000E+00           | 0.000              | 27.375            | 25                   | 2.953                                  |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | 2.442E+04     | 9.581E+03           | 1.484E+04           | 11.129             | 27.375            | 10                   | 2.953                                  |
| An. 1-3         | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | -2.339E+04    | 9.581E+03           | 1.381E+04           | 11.962             | 27.375            | 10                   | 2.953                                  |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Lap.   | 547.5     | -4.481E+03    | 9.581E+03           | 0.000E+00           | 0.000              | 27.375            | 25                   | 2.953                                  |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | 2.339E+04     | 9.581E+03           | 1.381E+04           | 11.962             | 27.375            | 10                   | 2.953                                  |
| An. 2           | 25        | 45        | 180           | 380           | Tump.  | 397.5     | -1.035E+04    | 4.969E+03           | 5.383E+03           | 22.280             | 19.875            | 20                   | 1.458                                  |
|                 | 25        | 45        | 180           | 380           | Lap.   | 397.5     | -2.131E+03    | 4.969E+03           | 0.000E+00           | 0.000              | 19.875            | 20                   | 1.458                                  |
|                 | 25        | 45        | 180           | 380           | Tump.  | 397.5     | 1.035E+04     | 4.969E+03           | 5.383E+03           | 22.280             | 19.875            | 20                   | 1.458                                  |
| An. 4           | 15        | 30        | 80            | 230           | Tump.  | 247.5     | -8.212E+03    | 1.856E+03           | 6.356E+03           | 11.749             | 12.375            | 10                   | 0.484                                  |
|                 | 15        | 30        | 80            | 230           | Lap.   | 247.5     | 0.000E+00     | 1.856E+03           | 0.000E+00           | 0.000              | 12.375            | 12                   | 0.484                                  |
|                 | 15        | 30        | 80            | 230           | Tump.  | 247.5     | 8.212E+03     | 1.856E+03           | 6.356E+03           | 11.749             | 12.375            | 10                   | 0.484                                  |

**TABEL 4.3.3. PERHITUNGAN TULANGAN GESER DAN TORSI BALOK ANAK LANTAI 4 s/d 8**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$       Perutnp beton (dc) = 30 mm  
 $f_y = 320 \text{ MPa}$       Begel =  $\phi 10$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm      Av ada = 157,143 mm<sup>2</sup>  
 $x_1 = b - 2 \cdot dc - \phi \text{ begel}$   
 $y_1 = h - 2 \cdot dc - \phi \text{ begel}$

| Type Balok Anak | Dimensi   |           | $x_1$<br>(mm) | $y_1$<br>(mm) | Daerah | d<br>(mm) | $V_u$<br>(kg) | $\phi \cdot V_c$<br>(kg) | $\phi \cdot V_s$<br>(kg) | S<br>perlu<br>(cm) | S<br>max<br>(cm) | S<br>pasang<br>(cm) | Al min<br>perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------|-----------|---------------|---------------|--------|-----------|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|------------------|---------------------|---------------------------------------|
|                 | b<br>(cm) | h<br>(cm) |               |               |        |           |               |                          |                          |                    |                  |                     |                                       |
| Grid            | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | -1.966E+04    | 9.581E+03                | 1.008E+04                | 16.383             | 27.375           | 15                  | 2.953                                 |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Lap.   | 520.0     | -7.249E+03    | 9.100E+03                | 0.000E+00                | 0.000              | 26.000           | 25                  | 2.953                                 |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | 1.966E+04     | 9.581E+03                | 1.008E+04                | 16.383             | 27.375           | 15                  | 2.953                                 |
| An. 1-2         | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | -2.442E+04    | 9.581E+03                | 1.484E+04                | 11.129             | 27.375           | 10                  | 2.953                                 |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Lap.   | 547.5     | -6.893E+03    | 9.581E+03                | 0.000E+00                | 0.000              | 27.375           | 25                  | 2.953                                 |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | 2.442E+04     | 9.581E+03                | 1.484E+04                | 11.129             | 27.375           | 10                  | 2.953                                 |
| An. 1-3         | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | -2.339E+04    | 9.581E+03                | 1.381E+04                | 11.962             | 27.375           | 10                  | 2.953                                 |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Lap.   | 547.5     | -4.481E+03    | 9.581E+03                | 0.000E+00                | 0.000              | 27.375           | 25                  | 2.953                                 |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | 2.339E+04     | 9.581E+03                | 1.381E+04                | 11.962             | 27.375           | 10                  | 2.953                                 |
| An. 2           | 25        | 45        | 180           | 380           | Tump.  | 397.5     | -1.035E+04    | 4.969E+03                | 5.383E+03                | 22.280             | 19.875           | 20                  | 1.458                                 |
|                 | 25        | 45        | 180           | 380           | Lap.   | 397.5     | -2.131E+03    | 4.969E+03                | 0.000E+00                | 0.000              | 19.875           | 20                  | 1.458                                 |
|                 | 25        | 45        | 180           | 380           | Tump.  | 397.5     | 1.035E+04     | 4.969E+03                | 5.383E+03                | 22.280             | 19.875           | 20                  | 1.458                                 |
| An. 4           | 15        | 30        | 80            | 230           | Tump.  | 247.5     | -8.212E+03    | 1.856E+03                | 6.356E+03                | 11.749             | 12.375           | 10                  | 0.484                                 |
|                 | 15        | 30        | 80            | 230           | Lap.   | 247.5     | 0.000E+00     | 1.856E+03                | 0.000E+00                | 0.000              | 12.375           | 12                  | 0.484                                 |
|                 | 15        | 30        | 80            | 230           | Tump.  | 247.5     | 8.212E+03     | 1.856E+03                | 6.356E+03                | 11.749             | 12.375           | 10                  | 0.484                                 |

**TABEL 4.3.4. PERHITUNGAN TULANGAN GESER DAN TORSI BALOK ANAK LANTAI ATAP**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$       Penutup beton (dc) = 30 mm  
 $f_y = 320 \text{ MPa}$       Begal =  $\phi 10$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm       $A_v \text{ ada} = 157,143 \text{ mm}^2$

$x_1 = b - 2 \cdot dc - \phi \text{ begal}$   
 $y_1 = h - 2 \cdot dc - \phi \text{ begal}$

| Type Balok Anak | Dimensi   |           | $x_1$<br>(mm) | $y_1$<br>(mm) | Daerah | d<br>(mm) | $V_u$<br>(kg) | $\phi \cdot V_c$<br>(kg) | $\phi \cdot V_s$<br>(kg) | S<br>perlu<br>(cm) | S<br>max.<br>(cm) | S<br>pasang<br>(cm) | Al min.<br>perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------|-----------|---------------|---------------|--------|-----------|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|----------------------------------------|
|                 | b<br>(cm) | h<br>(cm) |               |               |        |           |               |                          |                          |                    |                   |                     |                                        |
| Grid            | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | -1.855E+04    | 9.581E+03                | 8.965E+03                | 18.425             | 27.375            | 15                  | 2.953                                  |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Lap.   | 520.0     | -7.029E+03    | 9.100E+03                | 0.000E+00                | 0.000              | 26.000            | 25                  | 2.953                                  |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | 1.855E+04     | 9.581E+03                | 8.965E+03                | 18.425             | 27.375            | 15                  | 2.953                                  |
| An. 1-2         | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | -2.213E+04    | 9.581E+03                | 1.255E+04                | 13.161             | 27.375            | 10                  | 2.953                                  |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Lap.   | 547.5     | -6.088E+03    | 9.581E+03                | 0.000E+00                | 0.000              | 27.375            | 25                  | 2.953                                  |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | 2.213E+04     | 9.581E+03                | 1.255E+04                | 13.161             | 27.375            | 10                  | 2.953                                  |
| An. 1-3         | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | -2.222E+04    | 9.581E+03                | 1.263E+04                | 13.075             | 27.375            | 10                  | 2.953                                  |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Lap.   | 547.5     | -4.481E+03    | 9.581E+03                | 0.000E+00                | 0.000              | 27.375            | 25                  | 2.953                                  |
|                 | 35        | 60        | 280           | 530           | Tump.  | 547.5     | 2.222E+04     | 9.581E+03                | 1.263E+04                | 13.075             | 27.375            | 10                  | 2.953                                  |
| An. 2           | 25        | 45        | 180           | 380           | Tump.  | 397.5     | -9.766E+03    | 4.969E+03                | 4.798E+03                | 24.998             | 19.875            | 20                  | 1.458                                  |
|                 | 25        | 45        | 180           | 380           | Lap.   | 397.5     | -2.131E+03    | 4.969E+03                | 0.000E+00                | 0.000              | 19.875            | 20                  | 1.458                                  |
|                 | 25        | 45        | 180           | 380           | Tump.  | 397.5     | 9.766E+03     | 4.969E+03                | 4.798E+03                | 24.998             | 19.875            | 20                  | 1.458                                  |
| An. 4           | 15        | 30        | 80            | 230           | Tump.  | 247.5     | -7.832E+03    | 1.856E+03                | 5.976E+03                | 12.495             | 12.375            | 10                  | 0.484                                  |
|                 | 15        | 30        | 80            | 230           | Lap.   | 247.5     | 0.000E+00     | 1.856E+03                | 0.000E+00                | 0.000              | 12.375            | 12                  | 0.484                                  |
|                 | 15        | 30        | 80            | 230           | Tump.  | 247.5     | 7.832E+03     | 1.856E+03                | 5.976E+03                | 12.495             | 12.375            | 10                  | 0.484                                  |



**TABEL 4.4.1. KONTROL LENDUTAN BALOK ANAK**

| Type Balok Anak | Lu<br>( mm ) | $f_y$<br>( MPa ) | $h_{ada}$<br>( mm ) | Balok di atas dua tumpuan<br>( $h_{min}$ )<br>( mm ) | Balok dengan satu ujung menerus ( $h_{min}$ )<br>( mm ) | Balok dengan ke dua ujung menerus ( $h_{min}$ )<br>( mm ) | Bandingkan $h_{ada}$ dengan ( $h_{min}$ ) | Keterangan                  |
|-----------------|--------------|------------------|---------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|
| Grid            | 8000         | 320              | 600                 | 428.571                                              | 370.656                                                 | 326.531                                                   | >                                         | Tdk. perlu kontrol lendutan |
| An.1-1          | 8000         | 320              | 600                 | 428.571                                              | 370.656                                                 | 326.531                                                   | >                                         | Tdk. perlu kontrol lendutan |
| An.1-2          | 8000         | 320              | 600                 | 428.571                                              | 370.656                                                 | 326.531                                                   | >                                         | Tdk. perlu kontrol lendutan |
| An.1-3          | 8000         | 320              | 600                 | 428.571                                              | 370.656                                                 | 326.531                                                   | >                                         | Tdk. perlu kontrol lendutan |
| An.2            | 5000         | 320              | 450                 | 267.857                                              | 231.660                                                 | 204.082                                                   | >                                         | Tdk. perlu kontrol lendutan |
| An.3            | 4000         | 320              | 400                 | 214.286                                              | 185.328                                                 | 163.265                                                   | >                                         | Tdk. perlu kontrol lendutan |
| An.4            | 3000         | 320              | 300                 | 160.714                                              | 138.996                                                 | 122.449                                                   | >                                         | Tdk. perlu kontrol lendutan |

Tabel 5.1. Interval waktu sistem *Post-tension*

| Tahap | Waktu awal, $t_1$   | Waktu akhir, $t_2$                                    |
|-------|---------------------|-------------------------------------------------------|
| 1     | Akhir <i>curing</i> | Umur saat pemberian pratekan                          |
| 2     | Akhir tahap 1       | Umur 30 hari, saat beton menerima beban mati tambahan |
| 3     | Akhir tahap 2       | Umur 1 tahun                                          |
| 4     | Akhir tahap 3       | Akhir umur rencana beton                              |

Tabel 5.2. Faktor rangkak untuk beberapa nilai V/S

| Rasio volume terhadap permukaan, in | Faktor rangkak<br><i>SCF</i> |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 1                                   | 1,05                         |
| 2                                   | 0,96                         |
| 3                                   | 0,87                         |
| 4                                   | 0,77                         |
| 5                                   | 0,68                         |
| > 5                                 | 0,68                         |

Tabel 5.3. Faktor rangkak untuk berbagai umur prategang dan periode pengerasan

| Umur saat <i>transfer</i> , hari | Periode <i>curing</i> , hari | Faktor rangkak ( <i>creep</i> ),<br><i>MCF</i> |
|----------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|
| 3                                | 3                            | 1,14                                           |
| 5                                | 5                            | 1,07                                           |
| 7                                | 7                            | 1,00                                           |
| 10                               | 7                            | 0,69                                           |
| 20                               | 7                            | 0,84                                           |
| 30                               | 7                            | 0,72                                           |
| 40                               | 7                            | 0,60                                           |

Tabel 5.4. Variasi rangkak (*creep*) menurut waktu setelah *transfer*

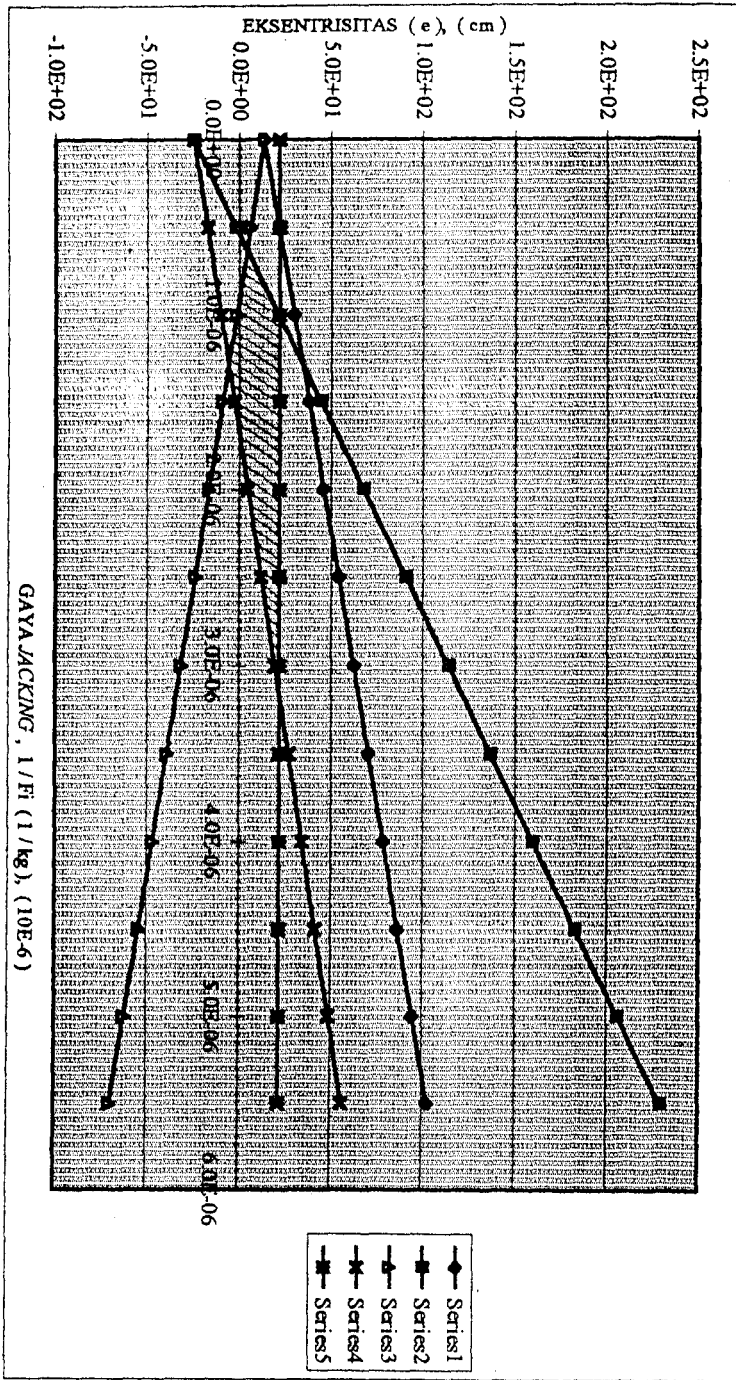
| Waktu setelah <i>transfer</i> , hari | Bagian dari rangkak batas, <i>AUC</i> |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1                                    | 0,08                                  |
| 2                                    | 0,15                                  |
| 5                                    | 0,18                                  |
| 7                                    | 0,23                                  |
| 10                                   | 0,24                                  |
| 20                                   | 0,30                                  |
| 30                                   | 0,35                                  |
| 60                                   | 0,45                                  |
| 90                                   | 0,51                                  |
| 180                                  | 0,61                                  |
| 365                                  | 0,74                                  |
| Akhir masa layan                     | 1,00                                  |

Tabel 5.5. Faktor susut (*shrinkage*) untuk berbagai rasio volume terhadap permukaan

| Rasio volume terhadap permukaan, in | <i>Shrinkage factor, SSF</i> |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 1                                   | 1,04                         |
| 2                                   | 0,96                         |
| 3                                   | 0,86                         |
| 4                                   | 0,77                         |
| 5                                   | 0,69                         |
| 6                                   | 0,60                         |

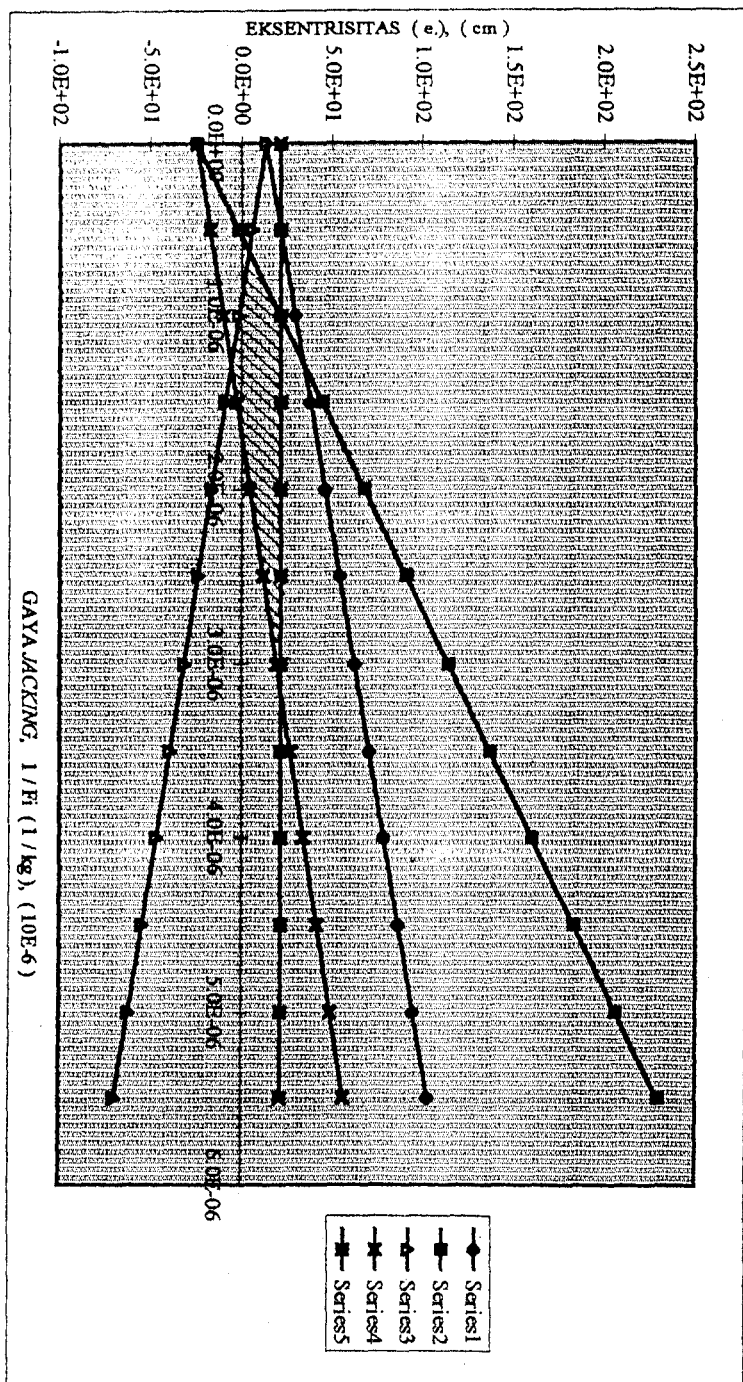
Tabel 5.6. Koefisien susut (*shrinkage*) untuk beberapa variasi *curing*

| Wkt setelah <i>curing</i> , hari | <i>AUS</i> |
|----------------------------------|------------|
| 1                                | 0,08       |
| 2                                | 0,15       |
| 5                                | 0,18       |
| 7                                | 0,20       |
| 10                               | 0,22       |
| 20                               | 0,27       |
| 30                               | 0,36       |
| 60                               | 0,42       |
| 90                               | 0,55       |
| 180                              | 0,68       |
| 365                              | 0,86       |
| Akhir masa layan                 | 1          |



GAMBAR 5.11-A. GAYA JAKING YANG DIPERLUKAN PADA TUMPUAN (1) BALOK PRATEKAN LANTAI 1





GAMBAR 5.11-C GAYA JACKING YANG DIPERLUKAN PADA TUMBUHAN ( ) BALOK PRATEKAN LANTAI 1

**TABEL 5.8. GAYA PRATEKAN AWAL PADA MASING-MASING LANTAI**

| Tipe balok | Taraf lantai | Gaya pratekan perlu |                    |                   |
|------------|--------------|---------------------|--------------------|-------------------|
|            |              | Ujung I<br>( kg )   | Lapangan<br>( kg ) | Ujung J<br>( kg ) |
| Bp-1       | 1            | 325000              | 325000             | 325000            |
| Bp-2       | 2            | 325000              | 325000             | 325000            |
| Bp-3       | 3            | 325000              | 325000             | 325000            |



**TABEL 5.9. PERHITUNGAN DAERAH LIMIT KABEL BALOK PRATEKAN**

| Tipe balok       | $M_{min}$          |                 |                    | $M_{max}$          |                 |                    | $F_o$           |              |                 | $F$             |              |                 | $kt'$<br>(cm) | $kb'$<br>(cm) | Tumpuan I        |                  |                   | Lapangan         |                  |                   | Tumpuan J        |                  |                   |
|------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
|                  | Tump. I<br>(kg.cm) | Lap.<br>(kg.cm) | Tump. J<br>(kg.cm) | Tump. I<br>(kg.cm) | Lap.<br>(kg.cm) | Tump. J<br>(kg.cm) | Tump. I<br>(kg) | Lap.<br>(kg) | Tump. J<br>(kg) | Tump. I<br>(kg) | Lap.<br>(kg) | Tump. J<br>(kg) |               |               | $c_{ou}$<br>(cm) | $c_{oi}$<br>(cm) | $c_o$ ada<br>(cm) | $c_{ou}$<br>(cm) | $c_{oi}$<br>(cm) | $c_o$ ada<br>(cm) | $c_{ou}$<br>(cm) | $c_{oi}$<br>(cm) | $c_o$ ada<br>(cm) |
| Lantai 1<br>BP-1 | -1.490E+07         | 8.423E+06       | -1.492E+07         | -2.432E+07         | 1.627E+07       | -2.434E+07         | 325000          | 325000       | 325000          | 260000          | 260000       | 260000          | -24.114       | 32.111        | -117.652         | -13.735          | -21.794           | 38.463           | 58.028           | 43.206            | -117.729         | -13.797          | -21.794           |
| Lantai 2<br>BP-2 | -1.504E+07         | 8.453E+06       | -1.509E+07         | -2.489E+07         | 1.631E+07       | -2.493E+07         | 325000          | 325000       | 325000          | 260000          | 260000       | 260000          | -24.114       | 32.111        | -119.844         | -14.166          | -21.794           | 38.617           | 58.120           | 43.206            | -119.998         | -14.320          | -21.794           |
| Lantai 3<br>BP-3 | -1.517E+07         | 8.468E+06       | -1.527E+07         | -2.518E+07         | 1.639E+07       | -2.525E+07         | 325000          | 325000       | 325000          | 260000          | 260000       | 260000          | -24.114       | 32.111        | -120.960         | -14.566          | -21.794           | 38.925           | 58.166           | 43.206            | -121.229         | -14.874          | -21.794           |

**TABEL 5.10. KEHILANGAN GAYA PRATEKAN  
AKIBAT PERLAWANAN KOLOM**

| Tipe balok       | Fo asli<br>( Ton ) | $\Delta F$<br>( Ton ) | F perlu<br>( Ton ) | F pakai<br>( Ton ) |
|------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Lantai 1<br>BP-1 | 325                | 19.957                | 344.957            | 345                |
| Lantai 2<br>BP-2 | 325                | 19.781                | 344.781            | 345                |
| Lantai 3<br>BP-3 | 325                | 19.318                | 344.318            | 345                |

**TABEL 5.11. KEHILANGAN PRATEGANG LANGSUNG**

$\mu = 0.2 / \text{rad}$        $E_p = 1.96\text{E}+5 \text{ MPa}$   
 $k = 0.0016 / \text{m}$        $g = 1 \text{ mm}$        $\sigma_o = 0.8.f_{pu}$

| Tipe balok       | F <sub>o</sub><br>( N ) | A <sub>ps</sub><br>( mm <sup>2</sup> ) | $\sigma_o$<br>( MPa ) | L<br>( m ) | f<br>( m ) | $\alpha$<br>( radial ) | $(\mu.\alpha/l + k)$<br>( 1/m ) | x<br>( m ) | $\Delta F$           |                       | F <sub>e</sub><br>( N ) |
|------------------|-------------------------|----------------------------------------|-----------------------|------------|------------|------------------------|---------------------------------|------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
|                  |                         |                                        |                       |            |            |                        |                                 |            | Slip angker<br>( N ) | Wobble efect<br>( N ) |                         |
| Lantai 1<br>BP-1 | 3450000                 | 2665                                   | 1489.6                | 15         | 0.65       | 0.347                  | 0.006                           | 4.599      | 2.272E+05            | 1.573E+05             | 3.066E+06               |
| Lantai 2<br>BP-2 | 3450000                 | 2665                                   | 1489.6                | 15         | 0.65       | 0.347                  | 0.006                           | 4.599      | 2.272E+05            | 1.573E+05             | 3.066E+06               |
| Lantai 3<br>BP-3 | 3450000                 | 2665                                   | 1489.6                | 15         | 0.65       | 0.347                  | 0.006                           | 4.599      | 2.272E+05            | 1.573E+05             | 3.066E+06               |

**TABEL 5.12. KEHILANGAN PRATEGANG AKIBAT FUNGSI WAKTU**

**TAHAP 1 : SAAT JACKING LANTAI 1**

**TABEL 5.12-A. RELAKSASI BAJA TAHAP 1**

Umur beton saat jacking adalah 14 hari  
Tipe tendon adalah VSL grade 270 K

Umur beton lantai 1 = 14 hari

| Tipe balok      | Fo<br>(N) | Hari setelah <i>Jacking</i> |                          | Aps<br>(mm <sup>2</sup> ) | fpu<br>(MPa) | fst<br>(MPa) | fst/fpy<br>(MPa) | RET <sub>1</sub><br>(MPa) | Δ F<br>(N) |
|-----------------|-----------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------|--------------|------------------|---------------------------|------------|
|                 |           | t <sub>1</sub><br>(hari)    | t <sub>2</sub><br>(hari) |                           |              |              |                  |                           |            |
| Lantai 1<br>B-1 | 3066000   | 0.042                       | 2                        | 2665                      | 1862         | 1150.469     | 0.687            | 5.868                     | 15638.09   |

## TAHAP 2 : (SAAT JACKING LANTAI 2)

**TABEL 5.12-B.1. RELAKSASI BAJA TAHAP 2**

Umur beton saat jacking adalah 14 hari  
Tipe tendon adalah VSL grade 270 K

Umur beton lantai 1 = 35 hari  
Umur beton lantai 2 = 14 hari

| Tipe balok      | F <sub>o</sub><br>(N) | Hari setelah <i>Jacking</i> |                          | A <sub>ps</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | f <sub>pu</sub><br>(MPa) | f <sub>st1</sub><br>(MPa) | f <sub>st1</sub> /f <sub>py</sub><br>(MPa) | RET <sub>2</sub><br>(MPa) | Δ F<br>(N) |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|------------|
|                 |                       | t <sub>1</sub><br>(hari)    | t <sub>2</sub><br>(hari) |                                       |                          |                           |                                            |                           |            |
| Lantai 1<br>B-1 | 3050361.91            | 2                           | 21                       | 2665                                  | 1862                     | 1144.601                  | 0.683                                      | 3.455                     | 9207.77    |
| Lantai 2<br>B-1 | 3066000               | 0.042                       | 2                        | 2665                                  | 1862                     | 1150.469                  | 0.687                                      | 5.868                     | 15638.09   |

**TABEL 5.12-B.2. SUSUT BETON TAHAP 2**

V/S = 4.086

| Tipe balok      | Hari setelah <i>Jacking</i> |                          | US <sub>H</sub><br>(MPa) | SS <sub>F</sub> | AUS <sub>1</sub> | AUS <sub>2</sub> | PS <sub>H</sub> | SH <sub>2</sub><br>(MPa) | Δ F<br>(N) |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------------|------------|
|                 | t <sub>1</sub><br>(hari)    | t <sub>2</sub><br>(hari) |                          |                 |                  |                  |                 |                          |            |
| Lantai 1<br>B-1 | 2                           | 21                       | 102.550                  | 0.762           | 0.115            | 0.366            | 0.251           | 19.614                   | 52271.09   |
| Lantai 2<br>B-2 | 0.042                       | 2                        | 102.550                  | 0.762           | 0.000            | 0.115            | 0.115           | 0.000                    | 0.000      |

**TABEL 5.12-B.3. RANGKAK BETON TAHAP 2**

$V/S = 4.086$

| Tipe balok      | Hari setelah <i>Jacking</i>     |                                 | <i>UCR</i><br>(MPa) | <i>SCF</i> | <i>AUC</i> <sub>1</sub> | <i>AUC</i> <sub>2</sub> | <i>PCR</i> | <i>MCF</i> | <i>f<sub>c</sub></i><br>(MPa) | <i>CR</i> <sub>2</sub><br>(MPa) | $\Delta F$<br>(N) |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------|
|                 | <i>t</i> <sub>1</sub><br>(hari) | <i>t</i> <sub>2</sub><br>(hari) |                     |            |                         |                         |            |            |                               |                                 |                   |
| Lantai 1<br>B-1 | 2                               | 21                              | 14.360              | 0.761      | 0.150                   | 0.305                   | 0.155      | 0.828      | 4.483                         | 6.288                           | 16756.58          |
| Lantai 2<br>B-2 | 0.042                           | 2                               | 14.360              | 0.761      | 0.000                   | 0.150                   | 0.150      | 0.000      | 4.506                         | 0.000                           | 0.00              |

### TAHAP 3 : SAAT JACKING LANTAI 3

**TABEL 5.12-C.1. RELAKSASI BAJA TAHAP 3.a**

Umur beton saat jacking adalah 14 hari  
Tipe tendon adalah VSL grade 270 K

Umur beton lantai 1 = 49 hari  
Umur beton lantai 2 = 28 hari

Umur beton lantai 3 = 14 hari

| Tipe balok      | F<br>(N)   | Hari setelah <i>Jacking</i> |                          | Aps<br>(mm <sup>2</sup> ) | fpu<br>(MPa) | fst <sub>2</sub><br>(MPa) | fst <sub>2</sub> /fpy<br>(MPa) | RET <sub>3a</sub><br>(MPa) | Δ F<br>(N) |
|-----------------|------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------|
|                 |            | t <sub>1</sub><br>(hari)    | t <sub>2</sub><br>(hari) |                           |              |                           |                                |                            |            |
| Lantai 1<br>B-1 | 2972127    | 21                          | 35                       | 2665                      | 1862         | 1115.244                  | 0.665                          | 0.635                      | 1692.36    |
| Lantai 2<br>B-2 | 3050361.91 | 2                           | 14                       | 2665                      | 1862         | 1144.601                  | 0.683                          | 2.859                      | 7620.01    |
| Lantai 3<br>B-3 | 3066000    | 0.042                       | 2                        | 2665                      | 1862         | 1150.469                  | 0.687                          | 5.868                      | 15638.09   |

**TABEL 5.12-C.2. SUSUT BETON TAHAP 3.a**

V / S = 4.086

| Tipe balok      | Hari setelah <i>Jacking</i> |                          | USH<br>(MPa) | SSF   | AUS <sub>1</sub> | AUS <sub>2</sub> | PSH   | SH <sub>3a</sub><br>(MPa) | Δ F<br>(N) |
|-----------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|-------|------------------|------------------|-------|---------------------------|------------|
|                 | t <sub>1</sub><br>(hari)    | t <sub>2</sub><br>(hari) |              |       |                  |                  |       |                           |            |
| Lantai 1<br>B-1 | 21                          | 35                       | 102.550      | 0.762 | 0.366            | 0.442            | 0.076 | 5.939                     | 15827.10   |
| Lantai 2<br>B-2 | 2                           | 14                       | 102.550      | 0.762 | 0.115            | 0.306            | 0.191 | 14.925                    | 39776.01   |
| Lantai 3<br>B-3 | 0.042                       | 2                        | 102.550      | 0.762 | 0.000            | 0.115            | 0.115 | 0.000                     | 0.00       |

**TABEL 5.12-C.3. RANGKAK BETON TAHAP 3.a**

$V/S = 4.086$

| Tipe balok      | Hari setelah <i>Jacking</i>     |                                 | <i>UCR</i><br>(MPa) | <i>SCF</i> | <i>AUC</i> <sub>1</sub> | <i>AUC</i> <sub>2</sub> | <i>PCR</i> | <i>MCF</i> | <i>f<sub>c</sub></i><br>(MPa) | <i>CR</i> <sub>3a</sub><br>(MPa) | $\Delta F$<br>(N) |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------|
|                 | <i>t</i> <sub>1</sub><br>(hari) | <i>t</i> <sub>2</sub><br>(hari) |                     |            |                         |                         |            |            |                               |                                  |                   |
| Lantai 1<br>B-1 | 21                              | 35                              | 14.360              | 0.761      | 0.305                   | 0.367                   | 0.062      | 0.660      | 4.256                         | 1.903                            | 5072.136          |
| Lantai 2<br>B-2 | 2                               | 14                              | 14.360              | 0.761      | 0.150                   | 0.264                   | 0.114      | 0.912      | 4.483                         | 5.094                            | 13574             |
| Lantai 3<br>B-3 | 0.042                           | 2                               | 14.360              | 0.761      | 0.000                   | 0.150                   | 0.150      | 0.000      | 4.506                         | 0.000                            | 0.00              |



**TABEL 5.12-D.1. RELAKSASI BAJA TAHAP 3.b**

Umur beton saat jacking adalah 14 hari  
Tipe tendon adalah VSL grade 270 K

Umur beton lantai 1 = 74 hari  
Umur beton lantai 2 = 53 hari

Umur beton lantai 3 = 39 hari

| Tipe balok      | $F_{3a}$<br>(N) | Umur <i>Jacking</i> |                 | $A_{ps}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $f_{pu}$<br>(MPa) | $f_{st_{3a}}$<br>(MPa) | $f_{st_{3a}}/f_{py}$<br>(MPa) | $RET_{3b}$<br>(MPa) | $\Delta F$<br>(N) |
|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|
|                 |                 | $t_1$<br>(hari)     | $t_2$<br>(hari) |                                |                   |                        |                               |                     |                   |
| Lantai 1<br>B-1 | 2949535.4       | 35                  | 60              | 2665                           | 1862              | 1106.768               | 0.660                         | 0.636               | 1694.505          |
| Lantai 2<br>B-2 | 2989391.89      | 14                  | 39              | 2665                           | 1862              | 1121.723               | 0.669                         | 1.324               | 3528.158          |
| Lantai 3<br>B-3 | 3050361.91      | 2                   | 25              | 2665                           | 1862              | 1144.601               | 0.683                         | 3.711               | 9890.53           |

**TABEL 5.12-D.2. SUSUT BETON TAHAP 3.b**

$V/S = 4.086$

| Tipe balok      | Umur <i>Jacking</i> |                 | $USH$<br>(MPa) | $SSF$ | $AUS_1$ | $AUS_2$ | $PSH$ | $SH_{3b}$<br>(MPa) | $\Delta F$<br>(N) |
|-----------------|---------------------|-----------------|----------------|-------|---------|---------|-------|--------------------|-------------------|
|                 | $t_1$<br>(hari)     | $t_2$<br>(hari) |                |       |         |         |       |                    |                   |
| Lantai 1<br>B-1 | 35                  | 60              | 102.550        | 0.762 | 0.442   | 0.550   | 0.108 | 8.4394548          | 22491.15          |
| Lantai 2<br>B-2 | 14                  | 39              | 102.550        | 0.762 | 0.306   | 0.459   | 0.153 | 11.9558943         | 31862.46          |
| Lantai 3<br>B-3 | 2                   | 25              | 102.550        | 0.762 | 0.115   | 0.39    | 0.275 | 21.4893525         | 57269.12          |

**TABEL 5.12-D.3. RANGKAK BETON TAHAP 3.b**

V/S=4.086

| Tipe balok      | Umur <i>Jacking</i>             |                                 | <i>UCR</i><br>(MPa) | <i>SCF</i> | <i>AUC</i> <sub>1</sub> | <i>AUC</i> <sub>2</sub> | <i>PCR</i> | <i>MCF</i> | <i>f<sub>c</sub></i><br>(MPa) | <i>CR<sub>3b</sub></i><br>(MPa) | $\Delta F$<br>(N) |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------|
|                 | <i>t</i> <sub>1</sub><br>(hari) | <i>t</i> <sub>2</sub><br>(hari) |                     |            |                         |                         |            |            |                               |                                 |                   |
| Lantai 1<br>B-1 | 35                              | 60                              | 14.360              | 0.761      | 0.367                   | 0.45                    | 0.083      | 0.600      | 4.302                         | 2.341                           | 6239.38           |
| Lantai 2<br>B-2 | 14                              | 39                              | 14.360              | 0.761      | 0.264                   | 0.38                    | 0.116      | 0.612      | 4.306                         | 3.340                           | 8902.17           |
| Lantai 3<br>B-3 | 2                               | 25                              | 14.360              | 0.761      | 0.150                   | 0.325                   | 0.175      | 0.780      | 4.483                         | 6.687                           | 17821.98          |

**TABEL 5.12-E.1. RELAKSASI BAJA TAHAP 3.c**

Umur beton saat jacking adalah 14 hari  
Tipe tendon adalah VSL grade 270 K

Umur beton lantai 1 = 379 hari  
Umur beton lantai 2 = 358 hari

Umur beton lantai 3 = 340 hari

| Tipe balok      | $F_{3b}$<br>(N) | Umur <i>Jacking</i> |                 | $A_{ps}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $f_{pu}$<br>(MPa) | $f_{st_{3b}}$<br>(MPa) | $f_{st_{3b}}/f_{py}$<br>(MPa) | $RET_{3c}$<br>(MPa) | $\Delta F$<br>(N) |
|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|
|                 |                 | $t_1$<br>(hari)     | $t_2$<br>(hari) |                                |                   |                        |                               |                     |                   |
| Lantai 1<br>B-1 | 2919110.37      | 60                  | 365             | 2665                           | 1862              | 1095.351               | 0.654                         | 1.978               | 5271.24           |
| Lantai 2<br>B-2 | 2945099.1       | 39                  | 344             | 2665                           | 1862              | 1105.103               | 0.659                         | 2.541               | 6772.57           |
| Lantai 3<br>B-3 | 2965380.28      | 25                  | 330             | 2665                           | 1862              | 1112.713               | 0.664                         | 3.158               | 8417.28           |

**TABEL 5.12-E.2. SUSUT BETON TAHAP 3.c**

$V/S = 4.086$

| Tipe balok      | Umur <i>Jacking</i> |                 | $USH$<br>(MPa) | $SSF$ | $AUS_1$ | $AUS_2$ | $PSH$ | $SH_{3c}$<br>(MPa) | $\Delta F$<br>(N) |
|-----------------|---------------------|-----------------|----------------|-------|---------|---------|-------|--------------------|-------------------|
|                 | $t_1$<br>(hari)     | $t_2$<br>(hari) |                |       |         |         |       |                    |                   |
| Lantai 1<br>B-1 | 60                  | 365             | 102.550        | 0.762 | 0.550   | 0.860   | 0.310 | 24.224361          | 64557.92          |
| Lantai 2<br>B-2 | 39                  | 344             | 102.550        | 0.762 | 0.459   | 0.840   | 0.381 | 29.7725211         | 79343.77          |
| Lantai 3<br>B-3 | 25                  | 330             | 102.550        | 0.762 | 0.39    | 0.826   | 0.436 | 34.0703916         | 90797.59          |

**TABEL 5.12-E.3. RANGKAK BETON TAHAP 3.c**

V / S = 4.086

| Tipe balok      | Umrur Jacking            |                          | UCR<br>(MPa) | SCF   | AUC <sub>1</sub> | AUC <sub>2</sub> | PCR   | MCF   | f <sub>c</sub><br>(MPa) | CR <sub>3c</sub><br>(MPa) | Δ F<br>(N) |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------|-------|------------------|------------------|-------|-------|-------------------------|---------------------------|------------|
|                 | t <sub>1</sub><br>(hari) | t <sub>2</sub><br>(hari) |              |       |                  |                  |       |       |                         |                           |            |
| Lantai 1<br>B-1 | 60                       | 365                      | 14.360       | 0.762 | 0.45             | 0.74             | 0.290 | 0.600 | 4.246                   | 8.084                     | 21544.62   |
| Lantai 2<br>B-2 | 39                       | 344                      | 14.360       | 0.762 | 0.38             | 0.725            | 0.345 | 0.600 | 4.264                   | 9.659                     | 25741.25   |
| Lantai 3<br>B-3 | 25                       | 330                      | 14.360       | 0.762 | 0.325            | 0.715            | 0.390 | 0.600 | 4.358                   | 11.159                    | 29739.84   |

**TABEL 5.12-F.1. RELAKSASI BAJA TAHAP 4**

Umur beton saat jacking adalah 14 hari  
Tipe tendon adalah VSL grade 270 K

Umur beton lantai 1 = + 40 tahun  
Umur beton lantai 2 = - 40 tahun

Umur beton lantai 3 = -40 tahun

| Tipe balok      | $F_{3c}$<br>(N) | Umur <i>Jacking</i> |                  | $A_{ps}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $f_{pu}$<br>(MPa) | $f_{st3c}$<br>(MPa) | $f_{st3c}/f_{py}$<br>(MPa) | $RET_4$<br>(MPa) | $\Delta F$<br>(N) |
|-----------------|-----------------|---------------------|------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------------|------------------|-------------------|
|                 |                 | $t_1$<br>(hari)     | $t_2$<br>(tahun) |                                |                   |                     |                            |                  |                   |
| Lantai 1<br>B-1 | 2827736.59      | 365                 | 40               | 2665                           | 1862              | 1061.064            | 0.633                      | 3.142            | 8372.71           |
| Lantai 2<br>B-2 | 2833241.51      | 344                 | 40               | 2665                           | 1862              | 1063.130            | 0.634                      | 3.246            | 8650.09           |
| Lantai 3<br>B-3 | 2836425.57      | 330                 | 40               | 2665                           | 1862              | 1064.325            | 0.635                      | 3.313            | 8829.77           |

**TABEL 5.12-F.2. SUSUT BETON TAHAP 4**

$V/S = 4.086$

| Tipe balok      | Umur <i>Jacking</i> |                  | $USH$<br>(MPa) | $SSF$ | $AUS_1$ | $AUS_2$ | $PSH$ | $SH_4$<br>(MPa) | $\Delta F$<br>(N) |
|-----------------|---------------------|------------------|----------------|-------|---------|---------|-------|-----------------|-------------------|
|                 | $t_1$<br>(hari)     | $t_2$<br>(tahun) |                |       |         |         |       |                 |                   |
| Lantai 1<br>B-1 | 365                 | 40               | 102.550        | 0.762 | 0.860   | 1.000   | 0.140 | 10.940034       | 29155.19          |
| Lantai 2<br>B-2 | 344                 | 40               | 102.550        | 0.762 | 0.840   | 1.000   | 0.160 | 12.502896       | 33320.22          |
| Lantai 3<br>B-3 | 326                 | 40               | 102.550        | 0.762 | 0.822   | 1.000   | 0.178 | 13.9094718      | 37068.74          |

**TABEL 5.12-F.3. RANGKAK BETON TAHAP 4**

V/S = 4.086

| Tipe balok      | Umur Jacking             |                           | UCR<br>(MPa) | SCF   | AUC <sub>1</sub> | AUC <sub>2</sub> | PCR   | MCF   | f <sub>c</sub><br>(MPa) | CR <sub>4</sub><br>(MPa) | Δ F<br>(N) |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|--------------|-------|------------------|------------------|-------|-------|-------------------------|--------------------------|------------|
|                 | t <sub>1</sub><br>(hari) | t <sub>2</sub><br>(tahun) |              |       |                  |                  |       |       |                         |                          |            |
| Lantai 1<br>B-1 | 365                      | 40                        | 14.360       | 0.761 | 0.74             | 1.000            | 0.260 | 0.600 | 4.026                   | 6.863                    | 18290.43   |
| Lantai 2<br>B-2 | 344                      | 40                        | 14.360       | 0.761 | 0.725            | 1.000            | 0.275 | 0.600 | 4.006                   | 7.223                    | 19249.66   |
| Lantai 3<br>B-3 | 326                      | 40                        | 14.360       | 0.761 | 0.713            | 1.000            | 0.287 | 0.600 | 3.987                   | 7.504                    | 19997.12   |

**TABEL 5.13. PERHITUNGAN GAYA PRATEKAN AKHIR YANG DIPAKAI**

| Tipe balok       | Fo<br>( kg ) | Kehilangan langsung   |                               | Kehilangan fungsi waktu |                 |                   | F akhir<br>perlu<br>( kg ) | F akhir<br>pakai<br>( kg ) |
|------------------|--------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
|                  |              | Slip angker<br>( kg ) | <i>Wobble efect</i><br>( kg ) | Relaksasi<br>( kg )     | Susut<br>( kg ) | Rangkak<br>( kg ) |                            |                            |
| Lantai 1<br>BP-1 | 345000       | 22720.000             | 15730.000                     | 3350.397                | 18430.245       | 6790.315          | 412020.956                 | 412500                     |
| Lantai 2<br>BP-2 | 345000       | 22720.000             | 15730.000                     | 4220.892                | 18481.136       | 6746.708          | 412898.736                 | 413000                     |
| Lantai 3<br>BP-3 | 345000       | 22720.000             | 15730.000                     | 4277.567                | 18513.545       | 6755.894          | 412997.006                 | 413000                     |

**TABEL 5.14. KONTROL TEGANGAN BETON AKIBAT GAYA PRATEGANG AKHIR**

Saat *jacking* :  
 $\sigma_a$  ijin = -1.387 MPa  
 $\sigma_{bi}$  ijin = 18.48 MPa

Saat beban kerja :  
 $\sigma_u$  ijin = 15.75 MPa  
 $\sigma_{bu}$  ijin = -2.958 MPa

| Type balok       | F <sub>o</sub><br>(kg) | F <sub>e</sub><br>(kg) | MG<br>(kg cm) | MT<br>(kg cm) | A <sub>c</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | C <sub>q</sub><br>(mm) | C <sub>b</sub><br>(mm) | I<br>(mm <sup>4</sup> ) | e<br>(mm) | Saat <i>jacking</i>        |                            | Saat beban kerja           |                            |
|------------------|------------------------|------------------------|---------------|---------------|--------------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                  |                        |                        |               |               |                                      |                        |                        |                         |           | $\sigma_{ti}$ ada<br>(MPa) | $\sigma_{tu}$ ada<br>(MPa) | $\sigma_{tu}$ ada<br>(MPa) | $\sigma_{bu}$ ada<br>(MPa) |
| Lantai 1<br>BP-1 | 412500                 | 330000                 | 8.423E+06     | 1.627E+07     | 680400                               | 317.94                 | 582.06                 | 5.380E+10               | 432.060   | 0.508                      | 16.232                     | 6.039                      | 2.673                      |
| Lantai 2<br>BP-2 | 413000                 | 330400                 | 8.453E+06     | 1.631E+07     | 680400                               | 317.94                 | 582.06                 | 5.380E+10               | 432.060   | 0.520                      | 16.230                     | 6.058                      | 2.655                      |
| Lantai 3<br>BP-3 | 413000                 | 330400                 | 8.468E+06     | 1.639E+07     | 680400                               | 317.94                 | 582.06                 | 5.380E+10               | 432.060   | 0.529                      | 16.214                     | 6.106                      | 2.568                      |



**TABEL 5.15. PENULANGAN LENTUR BALOK PRATEKAN**

$f_c' = 35 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

| Tipe balok       | Daerah           | $b_w$<br>(mm) | $b_e$<br>(mm) | $d$<br>(mm) | $A_{ps}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_{s \text{ min}}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | Tulangan Lunak |        | $A_s$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_s'$<br>(mm <sup>2</sup> ) |
|------------------|------------------|---------------|---------------|-------------|--------------------------------|-------------------------------------------|----------------|--------|-----------------------------|------------------------------|
|                  |                  |               |               |             |                                |                                           | Atas           | Bawah  |                             |                              |
| Lantai 1<br>BP-1 | Tumpuan Lapangan | 500           | 500           | 860         | 2665                           | 1881.3                                    | 4 D.25         | 4 D.25 | 1964                        | 1964                         |
|                  |                  | 500           | 2420          | 860         | 2665                           | 1881.3                                    | 4 D.25         | 4 D.25 | 1964                        | 1964                         |
| Lantai 2<br>BP-2 | Tumpuan Lapangan | 500           | 500           | 860         | 2665                           | 1881.3                                    | 4 D.25         | 4 D.25 | 1964                        | 1964                         |
|                  |                  | 500           | 2420          | 860         | 2665                           | 1881.3                                    | 4 D.25         | 4 D.25 | 1964                        | 1964                         |
| Lantai 3<br>BP-3 | Tumpuan Lapangan | 500           | 500           | 860         | 2665                           | 1881.3                                    | 4 D.25         | 4 D.25 | 1964                        | 1964                         |
|                  |                  | 500           | 2420          | 860         | 2665                           | 1881.3                                    | 4 D.25         | 4 D.25 | 1964                        | 1964                         |

**TABEL 5.16. KUAT LENTUR BATAS BALOK PRATEKAN**

$f'_c = 35 \text{ MPa}$        $f_{pu} = 1862$        $E_s = 200000 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$        $E_c = 27805,575 \text{ MPa}$        $\gamma_p = 0,28$

| Tipe balok       | Daerah           | $M_{dec}$<br>(kN-m) | $M_{cr}$<br>(kN-m) | $d_p$<br>(mm) | $f_{ps}$<br>(MPa) | $e_{cs'}$                | $Y_u$<br>(mm) | $0,81 Y_u$<br>(mm) | $d_{efektif}$<br>(mm) | $M_n$<br>(kN-m)    | $M_u$<br>(kN-m)    | $1,2 M_{cr}$<br>(kN-m) | Kontrol Mu Terhadap $1,2 M_{cr}$                     |
|------------------|------------------|---------------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------------|---------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------------|------------------------------------------------------|
| Lantai 1<br>BP-1 | Tumpuan Lapangan | 448,60<br>1874,40   | 831,38<br>2257,18  | 800<br>750    | 1633,9<br>1752,6  | -0,0000905<br>-0,0000905 | 330,5<br>81,2 | 267,7<br>65,8      | 807,6<br>763,0        | 3450,82<br>3865,45 | 2760,66<br>3092,36 | 997,66<br>2708,61      | Mu > 1,2 $M_{cr}$ ... Ok<br>Mu > 1,2 $M_{cr}$ ... Ok |
| Lantai 2<br>BP-2 | Tumpuan Lapangan | 449,15<br>1876,67   | 831,92<br>2259,45  | 800<br>750    | 1633,9<br>1752,6  | -0,0000906<br>-0,0000906 | 330,5<br>81,2 | 267,7<br>65,8      | 807,6<br>763,0        | 3450,81<br>3865,45 | 2760,65<br>3092,36 | 998,31<br>2711,34      | Mu > 1,2 $M_{cr}$ ... Ok<br>Mu > 1,2 $M_{cr}$ ... Ok |
| Lantai 3<br>BP-3 | Tumpuan Lapangan | 449,15<br>1876,67   | 831,92<br>2259,45  | 800<br>750    | 1633,9<br>1752,6  | -0,0000906<br>-0,0000906 | 330,5<br>81,2 | 267,7<br>65,8      | 807,6<br>763,0        | 3450,81<br>3865,45 | 2760,65<br>3092,36 | 998,31<br>2711,34      | Mu > 1,2 $M_{cr}$ ... Ok<br>Mu > 1,2 $M_{cr}$ ... Ok |

**TABEL 5.17. PERHITUNGAN PENULANGAN *BURSTING ZONE***

$f_c' = 35 \text{ MPa}$        $f_y = 320 \text{ MPa}$        $\sigma_{cti} = 1,387 \text{ MPa}$

| Tipe balok       | F (kg) | a (cm) | b (cm) | d (cm) | $\sigma_o$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/d  | $\sigma_{vmax}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | $x_1$ (cm) | $x_2$ (cm) | $d_3$ (cm)         | Z (kg)    | As (cm <sup>2</sup> ) | As <sub>ada</sub> (cm <sup>2</sup> ) |
|------------------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|------|---------------------------------------|------------|------------|--------------------|-----------|-----------------------|--------------------------------------|
| Lantai 1<br>BP.1 | 412500 | 31.5   | 50     | 90     | 91.667                           | 0.35 | $0.28 \sigma_o = 25.667$              | (2/8) d    | (5.5/8) d  | (3.5/8) d = 39.375 | 15483.125 | 4.838<br>7 D.10       | 5.5                                  |
| Lantai 2<br>BP.2 | 413000 | 31.5   | 50     | 90     | 91.778                           | 0.35 | $0.28 \sigma_o = 25.698$              | (2/8) d    | (5.5/8) d  | (3.5/8) d = 39.375 | 15523.958 | 4.851<br>7 D.10       | 5.5                                  |
| Lantai 3<br>BP.3 | 413000 | 31.5   | 50     | 90     | 91.778                           | 0.35 | $0.28 \sigma_o = 25.698$              | (2/8) d    | (5.5/8) d  | (3.5/8) d = 39.375 | 15523.958 | 4.851<br>7 D.10       | 5.5                                  |

Catatan :

- \* Tipe Angker hidup : VSL 27 S<sub>c</sub>
- \* Tipe Angker mati : VSL 27 P
- \*  $\sigma_{vmax}$  diperoleh dari interpolasi grafik Iyengara
- \*  $Z = 2/3 \cdot d_3 \cdot (\sigma_{vmax} - \sigma_{cti}) \cdot bw$

**TABEL 5.18. PERHITUNGAN PENULANGAN *SPALLING ZONE***

$f_c' = 35 \text{ MPa}$        $f_y = 320 \text{ MPa}$        $\sigma_{cti} = 1,387 \text{ MPa}$

| Tipe balok       | 0,3 F <sub>lock</sub> (kg) | As <sub>perlu</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Tulangan ada | As <sub>ada</sub> (cm <sup>2</sup> ) | Keterangan |
|------------------|----------------------------|----------------------------------------|--------------|--------------------------------------|------------|
| Lantai 1<br>BP.1 | 123750                     | 38.672                                 | 8 D.25       | 39.280                               | ... Ok !   |
| Lantai 2<br>BP.2 | 123900                     | 38.719                                 | 8 D.25       | 39.280                               | ... Ok !   |
| Lantai 3<br>BP.3 | 123900                     | 38.719                                 | 8 D.25       | 39.280                               | ... Ok !   |

**TABEL 7.1-A. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK INDUK LANTAI 1, 2 DAN 3**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton (dc) = 40 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Diameter begel =  $\phi 12$

$\rho_{\text{bal}} = 0.042997$   
 $\rho_{\text{max}} = 0.032247$   
 $\rho_{\text{min}} = 0.004375$

| Lajur | Tipe Balok | Dimensi balok |           | Daerah    | d<br>(mm) | b <sub>g</sub><br>(mm) | Mu<br>(N mm) | m      | Rn<br>(MPa) | $\rho$<br>perlu | $\rho$<br>pakai | As<br>perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | Al<br>perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | As<br>total<br>(cm <sup>2</sup> ) | Pakai<br>tulangan<br>lentur | As<br>terpasang<br>(cm <sup>2</sup> ) | Kontrol<br>balok T<br>a (mm) | Kontrol<br>balok L<br>a (mm) |
|-------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|--------------|--------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|       |            | b<br>(cm)     | h<br>(cm) |           |           |                        |              |        |             |                 |                 |                                   |                                   |                                   |                             |                                       |                              |                              |
| As. 1 | In. 2      | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -5.624E+08   | 12.893 | 4.352       | 0.0151          | 0.0151          | 38.287                            | 2.077                             | 40.364                            | 9 D.25                      | 44.190                                |                              | 43.232                       |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1025                   | 2.021E+08    | 12.893 | 0.610       | 0.0019          | 0.0044          | 28.531                            | 3.405                             | 31.936                            | 7 D.25                      | 34.370                                |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 3.001E+08    | 12.893 | 2.322       | 0.0076          | 0.0076          | 19.401                            | 2.077                             | 21.478                            | 5 D.25                      | 24.550                                |                              |                              |
|       | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -6.030E+08   | 12.893 | 4.666       | 0.0163          | 0.0163          | 41.414                            | 1.236                             | 42.650                            | 9 D.25                      | 44.190                                |                              | 41.543                       |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67                | 2.266E+08    | 12.893 | 0.658       | 0.0021          | 0.0044          | 29.691                            | 2.043                             | 31.734                            | 7 D.25                      | 34.370                                |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 2.944E+08    | 12.893 | 2.278       | 0.0075          | 0.0075          | 19.013                            | 1.236                             | 20.249                            | 5 D.25                      | 24.550                                |                              |                              |
| As. 2 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171          | 0.0171          | 43.372                            | 3.809                             | 47.181                            | 10 D.25                     | 49.100                                | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000                   | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020          | 0.0044          | 55.670                            | 1.474                             | 57.144                            | 12 D.25                     | 58.920                                |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136          | 0.0136          | 34.614                            | 3.809                             | 38.424                            | 8 D.25                      | 39.280                                |                              |                              |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300                    | -2.250E+07   | 12.893 | 0.833       | 0.0026          | 0.0044          | 4.408                             | 1.811                             | 6.219                             | 2 D.25                      | 9.820                                 | 34.529                       |                              |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550                    | 9.900E+06    | 12.893 | 0.200       | 0.0006          | 0.0044          | 8.082                             | 2.523                             | 10.605                            | 3 D.25                      | 14.730                                |                              |                              |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300                    | 1.857E+07    | 12.893 | 0.687       | 0.0022          | 0.0044          | 4.408                             | 1.811                             | 6.219                             | 2 D.25                      | 9.820                                 |                              |                              |
| As. 3 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171          | 0.0171          | 43.372                            | 3.809                             | 47.181                            | 10 D.25                     | 49.100                                | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000                   | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020          | 0.0044          | 55.670                            | 1.457                             | 57.127                            | 12 D.25                     | 58.920                                |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136          | 0.0136          | 34.614                            | 3.809                             | 38.424                            | 8 D.25                      | 39.280                                |                              |                              |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300                    | -2.250E+07   | 12.893 | 0.833       | 0.0026          | 0.0044          | 4.408                             | 1.811                             | 6.219                             | 2 D.25                      | 9.820                                 | 34.529                       |                              |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550                    | 9.900E+06    | 12.893 | 0.200       | 0.0006          | 0.0044          | 8.082                             | 2.523                             | 10.605                            | 3 D.25                      | 14.730                                |                              |                              |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300                    | 1.857E+07    | 12.893 | 0.687       | 0.0022          | 0.0044          | 4.408                             | 1.811                             | 6.219                             | 2 D.25                      | 9.820                                 |                              |                              |
| As. 4 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171          | 0.0171          | 43.372                            | 3.809                             | 47.181                            | 10 D.25                     | 49.100                                | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000                   | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020          | 0.0044          | 55.670                            | 1.457                             | 57.127                            | 12 D.25                     | 58.920                                |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136          | 0.0136          | 34.614                            | 3.809                             | 38.424                            | 8 D.25                      | 39.280                                |                              |                              |

**TABEL 7.1-B. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK INDUK LANTAI 1, 2 DAN 3**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Diameter begel =  $\phi 12$

$\rho_{\text{bal}} = 0.042997$   
 $\rho_{\text{max}} = 0.032247$   
 $\rho_{\text{min}} = 0.004375$

| Lajur | Tipe Balok | Dimensi balok |           | Daerah    | d<br>(mm) | $b_g$<br>(mm) | Mu<br>(N mm) | m      | Rn<br>(MPa) | $\rho$<br>perlu | $\rho$<br>pakai | As<br>perlu<br>( $\text{cm}^2$ ) | Al<br>perlu<br>( $\text{cm}^2$ ) | As<br>total<br>( $\text{cm}^2$ ) | Pakai<br>tulangan<br>lentur | As<br>terpasang<br>( $\text{cm}^2$ ) | Kontrol<br>balok T<br>a (mm) | Kontrol<br>balok L<br>a (mm) |
|-------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|---------------|--------------|--------|-------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|       |            | b<br>(cm)     | h<br>(cm) |           |           |               |              |        |             |                 |                 |                                  |                                  |                                  |                             |                                      |                              |                              |
| As. 5 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171          | 0.0171          | 43.372                           | 3.809                            | 47.181                           | 10 D.25                     | 49.1                                 | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020          | 0.0044          | 55.670                           | 1.457                            | 57.127                           | 12 D.25                     | 58.920                               |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136          | 0.0136          | 34.614                           | 3.809                            | 38.424                           | 8 D.25                      | 39.28                                |                              |                              |
| As. 6 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171          | 0.0171          | 43.372                           | 3.809                            | 47.181                           | 10 D.25                     | 49.1                                 | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020          | 0.0044          | 55.670                           | 1.457                            | 57.127                           | 12 D.25                     | 58.920                               |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136          | 0.0136          | 34.614                           | 3.809                            | 38.424                           | 8 D.25                      | 39.28                                |                              |                              |
| As. 7 | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -2.250E+07   | 12.893 | 0.833       | 0.0026          | 0.0044          | 4.408                            | 1.811                            | 6.219                            | 2 D.25                      | 9.82                                 | 34.529                       |                              |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 9.900E+06    | 12.893 | 0.200       | 0.0006          | 0.0044          | 8.082                            | 2.523                            | 10.605                           | 3 D.25                      | 14.73                                |                              |                              |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.857E+07    | 12.893 | 0.687       | 0.0022          | 0.0044          | 4.408                            | 1.811                            | 6.219                            | 2 D.25                      | 9.82                                 |                              |                              |
|       | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171          | 0.0171          | 43.372                           | 3.809                            | 47.181                           | 10 D.25                     | 49.1                                 | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020          | 0.0044          | 55.670                           | 1.457                            | 57.127                           | 12 D.25                     | 58.920                               |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136          | 0.0136          | 34.614                           | 3.809                            | 38.424                           | 8 D.25                      | 39.28                                |                              |                              |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -2.250E+07   | 12.893 | 0.833       | 0.0026          | 0.0044          | 4.408                            | 1.811                            | 6.219                            | 2 D.25                      | 9.82                                 | 34.529                       |                              |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 9.900E+06    | 12.893 | 0.200       | 0.0006          | 0.0044          | 8.082                            | 2.523                            | 10.605                           | 3 D.25                      | 14.73                                |                              |                              |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.857E+07    | 12.893 | 0.687       | 0.0022          | 0.0044          | 4.408                            | 1.811                            | 6.219                            | 2 D.25                      | 9.82                                 |                              |                              |
| As. 8 | In. 2      | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -5.624E+08   | 12.893 | 4.352       | 0.0151          | 0.0151          | 38.287                           | 2.077                            | 40.364                           | 9 D.25                      | 44.19                                |                              | 43.232                       |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1025          | 2.021E+08    | 12.893 | 0.610       | 0.0019          | 0.0044          | 28.531                           | 3.405                            | 31.936                           | 7 D.25                      | 34.37                                |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 3.001E+08    | 12.893 | 2.322       | 0.0076          | 0.0076          | 19.401                           | 2.077                            | 21.478                           | 5 D.25                      | 24.55                                |                              |                              |
|       | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.030E+08   | 12.893 | 4.666       | 0.0163          | 0.0163          | 41.414                           | 1.236                            | 42.650                           | 9 D.25                      | 44.19                                |                              | 41.543                       |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67       | 2.266E+08    | 12.893 | 0.658       | 0.0021          | 0.0044          | 29.691                           | 2.043                            | 31.734                           | 7 D.25                      | 34.37                                |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 2.944E+08    | 12.893 | 2.278       | 0.0075          | 0.0075          | 19.013                           | 1.236                            | 20.249                           | 5 D.25                      | 24.55                                |                              |                              |

**TABEL 7.1-C. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK INDUK LANTAI 1, 2 DAN 3**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Diameter bogel =  $\phi 12$

$\rho_{bal} = 0.042997$   
 $\rho_{max} = 0.032247$   
 $\rho_{min} = 0.004375$

| Lajur | Tipe Balok | Dimensi balok |           | Daerah    | d<br>(mm) | $b_g$<br>(mm) | $M_u$<br>(N mm) | m      | $R_n$<br>(MPa) | $\rho$<br>perlu | $\rho$<br>pakai | $A_s$<br>perlu<br>( $\text{cm}^2$ ) | $A_l$<br>perlu<br>( $\text{cm}^2$ ) | $A_s$<br>total<br>( $\text{cm}^2$ ) | Pakai<br>tulangan<br>lentur | $A_s$<br>terpasang<br>( $\text{cm}^2$ ) | Kontrol<br>balok T<br>a (mm) | Kontrol<br>balok L<br>a (mm) |
|-------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|       |            | b<br>(cm)     | h<br>(cm) |           |           |               |                 |        |                |                 |                 |                                     |                                     |                                     |                             |                                         |                              |                              |
| As. A | In. 1-4    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -5.423E+08      | 12.893 | 4.196          | 0.0145          | 0.0145          | 36.761                              | 0.934                               | 37.695                              | 8 D.25                      | 39.28                                   |                              | 41.543                       |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67       | 2.019E+08       | 12.893 | 0.586          | 0.0019          | 0.0044          | 29.691                              | 1.580                               | 31.271                              | 7 D.25                      | 34.37                                   |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 2.636E+08       | 12.893 | 2.040          | 0.0067          | 0.0067          | 16.930                              | 0.934                               | 17.864                              | 4 D.25                      | 19.64                                   |                              |                              |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -2.250E+07      | 12.893 | 0.833          | 0.0026          | 0.0044          | 4.408                               | 2.214                               | 6.622                               | 2 D.25                      | 9.82                                    |                              | 34.529                       |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 9.900E+06       | 12.893 | 0.200          | 0.0006          | 0.0044          | 8.082                               | 2.523                               | 10.605                              | 3 D.25                      | 14.73                                   |                              |                              |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.857E+07       | 12.893 | 0.687          | 0.0022          | 0.0044          | 4.408                               | 2.214                               | 6.622                               | 2 D.25                      | 9.82                                    |                              |                              |
| As. C | In. 1-2    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.423E+08      | 12.893 | 4.970          | 0.0175          | 0.0175          | 44.503                              | 3.599                               | 48.102                              | 10 D.25                     | 49.1                                    | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 3.139E+08       | 12.893 | 0.486          | 0.0015          | 0.0044          | 55.670                              | 2.399                               | 58.069                              | 12 D.25                     | 58.920                                  |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 4.734E+08       | 12.893 | 3.663          | 0.0124          | 0.0124          | 31.637                              | 3.599                               | 35.236                              | 8 D.25                      | 39.28                                   |                              |                              |
| As. D | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08      | 12.893 | 4.859          | 0.0171          | 0.0171          | 43.372                              | 3.809                               | 47.181                              | 10 D.25                     | 49.1                                    | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08       | 12.893 | 0.647          | 0.0020          | 0.0044          | 55.670                              | 1.474                               | 57.144                              | 12 D.25                     | 58.920                                  |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08       | 12.893 | 3.975          | 0.0136          | 0.0136          | 34.614                              | 3.809                               | 38.424                              | 8 D.25                      | 39.28                                   |                              |                              |
| As. E | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08      | 12.893 | 4.859          | 0.0171          | 0.0171          | 43.372                              | 3.809                               | 47.181                              | 10 D.25                     | 49.1                                    | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08       | 12.893 | 0.647          | 0.0020          | 0.0044          | 55.670                              | 1.457                               | 57.127                              | 12 D.25                     | 58.920                                  |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08       | 12.893 | 3.975          | 0.0136          | 0.0136          | 34.614                              | 3.809                               | 38.424                              | 8 D.25                      | 39.28                                   |                              |                              |
| As. F | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.030E+08      | 12.893 | 4.666          | 0.0163          | 0.0163          | 41.414                              | 1.236                               | 42.650                              | 9 D.25                      | 44.19                                   |                              | 41.543                       |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67       | 2.266E+08       | 12.893 | 0.658          | 0.0021          | 0.0044          | 29.691                              | 1.220                               | 30.911                              | 7 D.25                      | 34.37                                   |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 2.944E+08       | 12.893 | 2.278          | 0.0075          | 0.0075          | 19.013                              | 1.236                               | 20.249                              | 5 D.25                      | 24.55                                   |                              |                              |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -2.250E+07      | 12.893 | 0.833          | 0.0026          | 0.0044          | 4.408                               | 1.811                               | 6.219                               | 2 D.25                      | 9.82                                    |                              | 34.529                       |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 9.900E+06       | 12.893 | 0.200          | 0.0006          | 0.0044          | 8.082                               | 2.523                               | 10.605                              | 3 D.25                      | 14.73                                   |                              |                              |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.857E+07       | 12.893 | 0.687          | 0.0022          | 0.0044          | 4.408                               | 1.811                               | 6.219                               | 2 D.25                      | 9.82                                    |                              |                              |

**TABEL 7.2-C. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK INDUK LANTAI MEZZANINE**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Diameter begel =  $\phi 12$

$\rho_{bal} = 0.042997$   
 $\rho_{max} = 0.032247$   
 $\rho_{min} = 0.004375$

| Lajur | Tipe Balok | Dimensi balok |           | Daerah    | d<br>(mm) | b <sub>g</sub><br>(mm) | Mu<br>(N mm) | m      | R <sub>n</sub><br>(MPa) | ρ<br>perlu | ρ<br>pakai | A <sub>s</sub><br>perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | A <sub>l</sub><br>perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | A <sub>s</sub><br>total<br>(cm <sup>2</sup> ) | Pakai<br>tulangan<br>lentur | A <sub>s</sub><br>terpasang<br>(cm <sup>2</sup> ) | Kontrol<br>balok T<br>a (mm) | Kontrol<br>balok L<br>a (mm) |
|-------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|--------------|--------|-------------------------|------------|------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|       |            | b<br>(cm)     | h<br>(cm) |           |           |                        |              |        |                         |            |            |                                               |                                               |                                               |                             |                                                   |                              |                              |
| As. C | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -6.030E+08   | 12.893 | 4.666                   | 0.0163     | 0.0163     | 41.414                                        | 1.236                                         | 42.650                                        | 9 D.25                      | 44.19                                             | 41.543                       | 41.543                       |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67                | 2.266E+08    | 12.893 | 0.658                   | 0.0021     | 0.0044     | 29.691                                        | 2.043                                         | 31.734                                        | 7 D.25                      | 34.37                                             |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 2.944E+08    | 12.893 | 2.278                   | 0.0075     | 0.0075     | 19.013                                        | 1.236                                         | 20.249                                        | 5 D.25                      | 24.55                                             |                              |                              |
| As. D | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859                   | 0.0171     | 0.0171     | 43.372                                        | 3.809                                         | 47.181                                        | 10 D.25                     | 49.1                                              | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000                   | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647                   | 0.0020     | 0.0044     | 55.670                                        | 1.474                                         | 57.144                                        | 12 D.25                     | 58.92                                             |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975                   | 0.0136     | 0.0136     | 34.614                                        | 3.809                                         | 38.424                                        | 8 D.25                      | 39.28                                             |                              |                              |
| As. E | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859                   | 0.0171     | 0.0171     | 43.372                                        | 3.809                                         | 47.181                                        | 10 D.25                     | 49.1                                              | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000                   | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647                   | 0.0020     | 0.0044     | 55.670                                        | 1.457                                         | 57.127                                        | 12 D.25                     | 58.92                                             |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975                   | 0.0136     | 0.0136     | 34.614                                        | 3.809                                         | 38.424                                        | 8 D.25                      | 39.28                                             |                              |                              |
| As. F | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -6.030E+08   | 12.893 | 4.666                   | 0.0163     | 0.0163     | 41.414                                        | 1.236                                         | 42.650                                        | 9 D.25                      | 44.19                                             |                              | 41.543                       |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67                | 2.266E+08    | 12.893 | 0.658                   | 0.0021     | 0.0044     | 29.691                                        | 1.220                                         | 30.911                                        | 7 D.25                      | 34.37                                             |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 2.944E+08    | 12.893 | 2.278                   | 0.0075     | 0.0075     | 19.013                                        | 1.236                                         | 20.249                                        | 5 D.25                      | 24.55                                             |                              |                              |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300                    | -2.250E+07   | 12.893 | 0.833                   | 0.0026     | 0.0044     | 4.408                                         | 1.811                                         | 6.219                                         | 2 D.25                      | 9.82                                              |                              | 34.529                       |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550                    | 9.900E+06    | 12.893 | 0.200                   | 0.0006     | 0.0044     | 8.082                                         | 2.523                                         | 10.605                                        | 3 D.25                      | 14.73                                             |                              |                              |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300                    | 1.857E+07    | 12.893 | 0.687                   | 0.0022     | 0.0044     | 4.408                                         | 1.811                                         | 6.219                                         | 2 D.25                      | 9.82                                              |                              |                              |

**TABEL 7.2-B. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK INDUK LANTAI MEZZANINE**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Diameter begel =  $\phi 12$

$\rho_{bal} = 0.042997$   
 $\rho_{max} = 0.032247$   
 $\rho_{min} = 0.004375$

| Lajur | Tipe Balok | Dimensi balok |           | Daerah    | d<br>(mm) | $b_g$<br>(mm) | Mu<br>(N mm) | m      | Rn<br>(MPa) | $\rho$ perlu | $\rho$ pakai | As perlu<br>( $\text{cm}^2$ ) | Al perlu<br>( $\text{cm}^2$ ) | As total<br>( $\text{cm}^2$ ) | Pakai tulangan lentur | As terpasang<br>( $\text{cm}^2$ ) | Kontrol balok T<br>a (mm) | Kontrol balok L<br>a (mm) |
|-------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|---------------|--------------|--------|-------------|--------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|       |            | b<br>(cm)     | h<br>(cm) |           |           |               |              |        |             |              |              |                               |                               |                               |                       |                                   |                           |                           |
| As 5  | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171       | 0.0171       | 43.372                        | 3.809                         | 47.181                        | 10 D.25               | 49.1                              | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020       | 0.0044       | 55.670                        | 1.457                         | 57.127                        | 12 D.25               | 58.92                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136       | 0.0136       | 34.614                        | 3.809                         | 38.424                        | 8 D.25                | 39.28                             |                           |                           |
| As 6  | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171       | 0.0171       | 43.372                        | 3.809                         | 47.181                        | 10 D.25               | 49.1                              | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020       | 0.0044       | 55.670                        | 1.457                         | 57.127                        | 12 D.25               | 58.92                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136       | 0.0136       | 34.614                        | 3.809                         | 38.424                        | 8 D.25                | 39.28                             |                           |                           |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -2.250E+07   | 12.893 | 0.833       | 0.0026       | 0.0044       | 4.408                         | 1.811                         | 6.219                         | 2 D.25                | 9.82                              | 34.529                    |                           |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 9.900E+06    | 12.893 | 0.200       | 0.0006       | 0.0044       | 8.082                         | 2.523                         | 10.605                        | 3 D.25                | 14.73                             |                           |                           |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.857E+07    | 12.893 | 0.687       | 0.0022       | 0.0044       | 4.408                         | 1.811                         | 6.219                         | 2 D.25                | 9.82                              |                           |                           |
| As 7  | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171       | 0.0171       | 43.372                        | 3.809                         | 47.181                        | 10 D.25               | 49.1                              | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020       | 0.0044       | 55.670                        | 1.457                         | 57.127                        | 12 D.25               | 58.92                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136       | 0.0136       | 34.614                        | 3.809                         | 38.424                        | 8 D.25                | 39.28                             |                           |                           |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -2.250E+07   | 12.893 | 0.833       | 0.0026       | 0.0044       | 4.408                         | 1.811                         | 6.219                         | 2 D.25                | 9.82                              | 34.529                    |                           |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 9.900E+06    | 12.893 | 0.200       | 0.0006       | 0.0044       | 8.082                         | 2.523                         | 10.605                        | 3 D.25                | 14.73                             |                           |                           |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.857E+07    | 12.893 | 0.687       | 0.0022       | 0.0044       | 4.408                         | 1.811                         | 6.219                         | 2 D.25                | 9.82                              |                           |                           |
| As 8  | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.030E+08   | 12.893 | 4.666       | 0.0163       | 0.0163       | 41.414                        | 1.236                         | 42.650                        | 9 D.25                | 44.19                             |                           | 41.543                    |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67       | 2.266E+08    | 12.893 | 0.658       | 0.0021       | 0.0044       | 29.691                        | 2.043                         | 31.734                        | 7 D.25                | 34.37                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 2.944E+08    | 12.893 | 2.278       | 0.0075       | 0.0075       | 19.013                        | 1.236                         | 20.249                        | 5 D.25                | 24.55                             |                           |                           |



**TABEL 7.2-A. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK INDUK LANTAI MEZZANINE**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Diameter begel =  $\phi 12$

$\rho_{bal} = 0.042997$   
 $\rho_{max} = 0.032247$   
 $\rho_{min} = 0.004375$

| Lajur | Tipe Balok | Dimensi balok |           | Daerah    | d<br>(mm) | $b_R$<br>(mm) | Mu<br>(N mm) | m      | Rn<br>(MPa) | $\rho$ perlu | $\rho$ pakai | As perlu<br>( $\text{cm}^2$ ) | Al perlu<br>( $\text{cm}^2$ ) | As total<br>( $\text{cm}^2$ ) | Pakai tulangan lentur | As terpasang<br>( $\text{cm}^2$ ) | Kontrol balok T<br>a (mm) | Kontrol balok L<br>a (mm) |
|-------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|---------------|--------------|--------|-------------|--------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|       |            | b<br>(cm)     | h<br>(cm) |           |           |               |              |        |             |              |              |                               |                               |                               |                       |                                   |                           |                           |
| As 1  | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.030E+08   | 12.893 | 4.666       | 0.0163       | 0.0163       | 41.414                        | 1.236                         | 42.650                        | 9 D.25                | 44.19                             | 41.543                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67       | 2.266E+08    | 12.893 | 0.658       | 0.0021       | 0.0044       | 29.691                        | 2.043                         | 31.734                        | 7 D.25                | 34.37                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 2.944E+08    | 12.893 | 2.278       | 0.0075       | 0.0075       | 19.013                        | 1.236                         | 20.249                        | 5 D.25                | 24.55                             |                           |                           |
| As 2  | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171       | 0.0171       | 43.372                        | 3.809                         | 47.181                        | 10 D.25               | 49.1                              | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020       | 0.0044       | 55.670                        | 1.474                         | 57.144                        | 12 D.25               | 58.92                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136       | 0.0136       | 34.614                        | 3.809                         | 38.424                        | 8 D.25                | 39.28                             |                           |                           |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -2.250E+07   | 12.893 | 0.833       | 0.0026       | 0.0044       | 4.408                         | 1.811                         | 6.219                         | 2 D.25                | 9.82                              | 34.529                    |                           |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 9.900E+06    | 12.893 | 0.200       | 0.0006       | 0.0044       | 8.082                         | 2.523                         | 10.605                        | 3 D.25                | 14.73                             |                           |                           |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.857E+07    | 12.893 | 0.687       | 0.0022       | 0.0044       | 4.408                         | 1.811                         | 6.219                         | 2 D.25                | 9.82                              |                           |                           |
| As 3  | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171       | 0.0171       | 43.372                        | 3.809                         | 47.181                        | 10 D.25               | 49.1                              | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020       | 0.0044       | 55.670                        | 1.457                         | 57.127                        | 12 D.25               | 58.92                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136       | 0.0136       | 34.614                        | 3.809                         | 38.424                        | 8 D.25                | 39.28                             |                           |                           |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -2.250E+07   | 12.893 | 0.833       | 0.0026       | 0.0044       | 4.408                         | 1.811                         | 6.219                         | 2 D.25                | 9.82                              | 34.529                    |                           |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 9.900E+06    | 12.893 | 0.200       | 0.0006       | 0.0044       | 8.082                         | 2.523                         | 10.605                        | 3 D.25                | 14.73                             |                           |                           |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.857E+07    | 12.893 | 0.687       | 0.0022       | 0.0044       | 4.408                         | 1.811                         | 6.219                         | 2 D.25                | 9.82                              |                           |                           |
| As 4  | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171       | 0.0171       | 43.372                        | 3.809                         | 47.181                        | 10 D.25               | 49.1                              | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020       | 0.0044       | 55.670                        | 1.457                         | 57.127                        | 12 D.25               | 58.92                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136       | 0.0136       | 34.614                        | 3.809                         | 38.424                        | 8 D.25                | 39.28                             |                           |                           |

**TABEL 7.3-C. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK INDUK LANTAI 4 s/d 8**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Diameter begel =  $\phi 12$

$\rho_{bal} = 0.042997$   
 $\rho_{max} = 0.032247$   
 $\rho_{min} = 0.004375$

| Lajur | Tipe Balok | Dimensi balok |           | Daerah    | d<br>(mm) | $b_g$<br>(mm) | Mu<br>(N mm) | m      | Rn<br>(MPa) | $\rho$ perlu | $\rho$ pakai | As perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | Al perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | As total<br>(cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan lentur | As terpasang<br>(cm <sup>2</sup> ) | Kontrol balok T<br>a (mm) | Kontrol balok L<br>a (mm) |
|-------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|---------------|--------------|--------|-------------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|       |            | b<br>(cm)     | h<br>(cm) |           |           |               |              |        |             |              |              |                                |                                |                                |                       |                                    |                           |                           |
| As. C | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.030E+08   | 12.893 | 4.666       | 0.0163       | 0.0163       | 41.414                         | 1.236                          | 42.650                         | 9 D.25                | 44.190                             | 41.543                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67       | 2.266E+08    | 12.893 | 0.658       | 0.0021       | 0.0044       | 29.691                         | 2.043                          | 31.734                         | 7 D.25                | 34.370                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 2.944E+08    | 12.893 | 2.278       | 0.0075       | 0.0075       | 19.013                         | 1.236                          | 20.249                         | 5 D.25                | 24.550                             |                           |                           |
| As. D | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171       | 0.0171       | 43.372                         | 3.809                          | 47.181                         | 10 D.25               | 49.100                             | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020       | 0.0044       | 55.670                         | 1.474                          | 57.144                         | 12 D.25               | 58.920                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136       | 0.0136       | 34.614                         | 3.809                          | 38.424                         | 8 D.25                | 39.280                             |                           |                           |
| As. E | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171       | 0.0171       | 43.372                         | 3.809                          | 47.181                         | 10 D.25               | 49.100                             | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020       | 0.0044       | 55.670                         | 1.457                          | 57.127                         | 12 D.25               | 58.920                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136       | 0.0136       | 34.614                         | 3.809                          | 38.424                         | 8 D.25                | 39.280                             |                           |                           |
| As. F | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -6.030E+08   | 12.893 | 4.666       | 0.0163       | 0.0163       | 41.414                         | 1.236                          | 42.650                         | 9 D.25                | 44.190                             | 41.543                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67       | 2.266E+08    | 12.893 | 0.658       | 0.0021       | 0.0044       | 29.691                         | 1.220                          | 30.911                         | 7 D.25                | 34.370                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 2.944E+08    | 12.893 | 2.278       | 0.0075       | 0.0075       | 19.013                         | 1.236                          | 20.249                         | 5 D.25                | 24.550                             |                           |                           |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -2.250E+07   | 12.893 | 0.833       | 0.0026       | 0.0044       | 4.408                          | 1.811                          | 6.219                          | 2 D.25                | 9.820                              | 34.529                    |                           |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 9.900E+06    | 12.893 | 0.200       | 0.0006       | 0.0044       | 8.082                          | 2.523                          | 10.605                         | 3 D.25                | 14.730                             |                           |                           |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.857E+07    | 12.893 | 0.687       | 0.0022       | 0.0044       | 4.408                          | 1.811                          | 6.219                          | 2 D.25                | 9.820                              |                           |                           |

**TABEL 7.3-B. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK INDUK LANTAI 4 s/d 8**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Peautup beton (dc) = 40 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Diameter begel =  $\phi 12$

$\rho_{bal} = 0.042997$   
 $\rho_{max} = 0.032247$   
 $\rho_{min} = 0.004375$

| Lajur | Tipe Balok | Dimensi balok |           | Daerah    | d<br>(mm) | b <sub>g</sub><br>(mm) | Mu<br>(N mm) | m      | Rn<br>(MPa) | $\rho$<br>perlu | $\rho$<br>pakai | As<br>perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | Al<br>perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | As<br>total<br>(cm <sup>2</sup> ) | Pakai<br>tulangan<br>lentur | As<br>terpasang<br>(cm <sup>2</sup> ) | Kontrol<br>balok T<br>a (mm) | Kontrol<br>balok L<br>a (mm) |
|-------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|--------------|--------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|       |            | b<br>(cm)     | h<br>(cm) |           |           |                        |              |        |             |                 |                 |                                   |                                   |                                   |                             |                                       |                              |                              |
| As. 5 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171          | 0.0171          | 43.372                            | 3.809                             | 47.181                            | 10 D.25                     | 49.100                                | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000                   | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020          | 0.0044          | 55.670                            | 1.457                             | 57.127                            | 12 D.25                     | 58.920                                |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136          | 0.0136          | 34.614                            | 3.809                             | 38.424                            | 8 D.25                      | 39.280                                |                              |                              |
| As. 6 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171          | 0.0171          | 43.372                            | 3.809                             | 47.181                            | 10 D.25                     | 49.100                                | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000                   | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020          | 0.0044          | 55.670                            | 1.457                             | 57.127                            | 12 D.25                     | 58.920                                |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136          | 0.0136          | 34.614                            | 3.809                             | 38.424                            | 8 D.25                      | 39.280                                |                              |                              |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300                    | -2.250E+07   | 12.893 | 0.833       | 0.0026          | 0.0044          | 4.408                             | 1.811                             | 6.219                             | 2 D.25                      | 9.820                                 | 34.529                       |                              |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550                    | 9.900E+06    | 12.893 | 0.200       | 0.0006          | 0.0044          | 8.082                             | 2.523                             | 10.605                            | 3 D.25                      | 14.730                                |                              |                              |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300                    | 1.857E+07    | 12.893 | 0.687       | 0.0022          | 0.0044          | 4.408                             | 1.811                             | 6.219                             | 2 D.25                      | 9.820                                 |                              |                              |
| As. 7 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -6.280E+08   | 12.893 | 4.859       | 0.0171          | 0.0171          | 43.372                            | 3.809                             | 47.181                            | 10 D.25                     | 49.100                                | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000                   | 4.178E+08    | 12.893 | 0.647       | 0.0020          | 0.0044          | 55.670                            | 1.457                             | 57.127                            | 12 D.25                     | 58.920                                |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 5.137E+08    | 12.893 | 3.975       | 0.0136          | 0.0136          | 34.614                            | 3.809                             | 38.424                            | 8 D.25                      | 39.280                                |                              |                              |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300                    | -2.250E+07   | 12.893 | 0.833       | 0.0026          | 0.0044          | 4.408                             | 1.811                             | 6.219                             | 2 D.25                      | 9.820                                 | 34.529                       |                              |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550                    | 9.900E+06    | 12.893 | 0.200       | 0.0006          | 0.0044          | 8.082                             | 2.523                             | 10.605                            | 3 D.25                      | 14.730                                |                              |                              |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300                    | 1.857E+07    | 12.893 | 0.687       | 0.0022          | 0.0044          | 4.408                             | 1.811                             | 6.219                             | 2 D.25                      | 9.820                                 |                              |                              |
| As. 8 | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400                    | -6.030E+08   | 12.893 | 4.666       | 0.0163          | 0.0163          | 41.414                            | 1.236                             | 42.650                            | 9 D.25                      | 44.190                                | 41.543                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67                | 2.266E+08    | 12.893 | 0.658       | 0.0021          | 0.0044          | 29.691                            | 2.043                             | 31.734                            | 7 D.25                      | 34.370                                |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400                    | 2.944E+08    | 12.893 | 2.278       | 0.0075          | 0.0075          | 19.013                            | 1.236                             | 20.249                            | 5 D.25                      | 24.550                                |                              |                              |

**TABEL 7.3-A. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK INDUK LANTAI 4 s/d 8**

$f_c' = 29.4 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton (dc) = 40 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Diameter begel =  $\phi 12$

$\rho_{\text{bal}} = 0.042997$   
 $\rho_{\text{max}} = 0.032247$   
 $\rho_{\text{min}} = 0.004375$

| Lajur | Tipe Balok | Dimensi balok |             | Desarah     | d<br>( mm ) | bg<br>( mm ) | Mu<br>( N mm ) | m      | Rn<br>(MPa) | ρ<br>perlu | ρ<br>pakai | As<br>perlu<br>( cm <sup>2</sup> ) | Al<br>perlu<br>( cm <sup>2</sup> ) | As<br>total<br>( cm <sup>2</sup> ) | Pakai<br>tulangan<br>lentur | As<br>terpasang<br>( cm <sup>2</sup> ) | Kontrol<br>balok T<br>a ( mm ) | Kontrol<br>balok L<br>a ( mm ) |  |
|-------|------------|---------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------|--------|-------------|------------|------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
|       |            | b<br>( cm )   | h<br>( cm ) |             |             |              |                |        |             |            |            |                                    |                                    |                                    |                             |                                        |                                |                                |  |
| As. 1 | In. 1-3    | 40            | 70          | Tump. ( - ) | 635.5       | 400          | -6.030E+08     | 12.893 | 4.666       | 0.0163     | 0.0163     | 41.414                             | 1.236                              | 42.650                             | 9 D.25                      | 44.190                                 |                                | 41.543                         |  |
|       |            | 40            | 70          | Lap.        | 635.5       | 1066.67      | 2.266E+08      | 12.893 | 0.658       | 0.0021     | 0.0044     | 29.691                             | 2.043                              | 31.734                             | 7 D.25                      | 34.370                                 |                                |                                |  |
|       |            | 40            | 70          | Tump. ( + ) | 635.5       | 400          | 2.944E+08      | 12.893 | 2.278       | 0.0075     | 0.0075     | 19.013                             | 1.236                              | 20.249                             | 5 D.25                      | 24.550                                 |                                |                                |  |
| As. 2 | In. 1-1    | 40            | 70          | Tump. ( - ) | 635.5       | 400          | -6.280E+08     | 12.893 | 4.859       | 0.0171     | 0.0171     | 43.372                             | 3.809                              | 47.181                             | 10 D.25                     | 49.100                                 | 37.982                         |                                |  |
|       |            | 40            | 70          | Lap.        | 635.5       | 2000         | 4.178E+08      | 12.893 | 0.647       | 0.0020     | 0.0044     | 55.670                             | 1.474                              | 57.144                             | 12 D.25                     | 58.920                                 |                                |                                |  |
|       |            | 40            | 70          | Tump. ( + ) | 635.5       | 400          | 5.137E+08      | 12.893 | 3.975       | 0.0136     | 0.0136     | 34.614                             | 3.809                              | 38.424                             | 8 D.25                      | 39.280                                 |                                |                                |  |
|       | In. 3      | 30            | 40          | Tump. ( - ) | 335.5       | 300          | -2.250E+07     | 12.893 | 0.833       | 0.0026     | 0.0044     | 4.408                              | 1.811                              | 6.219                              | 2 D.25                      | 9.820                                  | 34.529                         |                                |  |
|       |            | 30            | 40          | Lap.        | 335.5       | 550          | 9.900E+06      | 12.893 | 0.200       | 0.0006     | 0.0044     | 8.082                              | 2.523                              | 10.605                             | 3 D.25                      | 14.730                                 |                                |                                |  |
|       |            | 30            | 40          | Tump. ( + ) | 335.5       | 300          | 1.857E+07      | 12.893 | 0.687       | 0.0022     | 0.0044     | 4.408                              | 1.811                              | 6.219                              | 2 D.25                      | 9.820                                  |                                |                                |  |
| As. 3 | In. 1-1    | 40            | 70          | Tump. ( - ) | 635.5       | 400          | -6.280E+08     | 12.893 | 4.859       | 0.0171     | 0.0171     | 43.372                             | 3.809                              | 47.181                             | 10 D.25                     | 49.100                                 | 37.982                         |                                |  |
|       |            | 40            | 70          | Lap.        | 635.5       | 2000         | 4.178E+08      | 12.893 | 0.647       | 0.0020     | 0.0044     | 55.670                             | 1.457                              | 57.127                             | 12 D.25                     | 58.920                                 |                                |                                |  |
|       |            | 40            | 70          | Tump. ( + ) | 635.5       | 400          | 5.137E+08      | 12.893 | 3.975       | 0.0136     | 0.0136     | 34.614                             | 3.809                              | 38.424                             | 8 D.25                      | 39.280                                 |                                |                                |  |
|       | In. 3      | 30            | 40          | Tump. ( - ) | 335.5       | 300          | -2.250E+07     | 12.893 | 0.833       | 0.0026     | 0.0044     | 4.408                              | 1.811                              | 6.219                              | 2 D.25                      | 9.820                                  | 34.529                         |                                |  |
|       |            | 30            | 40          | Lap.        | 335.5       | 550          | 9.900E+06      | 12.893 | 0.200       | 0.0006     | 0.0044     | 8.082                              | 2.523                              | 10.605                             | 3 D.25                      | 14.730                                 |                                |                                |  |
|       |            | 30            | 40          | Tump. ( + ) | 335.5       | 300          | 1.857E+07      | 12.893 | 0.687       | 0.0022     | 0.0044     | 4.408                              | 1.811                              | 6.219                              | 2 D.25                      | 9.820                                  |                                |                                |  |
| As. 4 | In. 1-1    | 40            | 70          | Tump. ( - ) | 635.5       | 400          | -6.280E+08     | 12.893 | 4.859       | 0.0171     | 0.0171     | 43.372                             | 3.809                              | 47.181                             | 10 D.25                     | 49.100                                 | 37.982                         |                                |  |
|       |            | 40            | 70          | Lap.        | 635.5       | 2000         | 4.178E+08      | 12.893 | 0.647       | 0.0020     | 0.0044     | 55.670                             | 1.457                              | 57.127                             | 12 D.25                     | 58.920                                 |                                |                                |  |
|       |            | 40            | 70          | Tump. ( + ) | 635.5       | 400          | 5.137E+08      | 12.893 | 3.975       | 0.0136     | 0.0136     | 34.614                             | 3.809                              | 38.424                             | 8 D.25                      | 39.280                                 |                                |                                |  |

**TABEL 7.4-A. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK INDUK LANTAI ATAP**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton (dc) = 40 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Diameter bogel =  $\phi 12$

$\rho_{\text{bal}} = 0.042997$   
 $\rho_{\text{max}} = 0.032247$   
 $\rho_{\text{min}} = 0.004375$

| Lajur | Tipe Balok | Dimensi balok |           | Daerah    | d<br>(mm) | $b_g$<br>(mm) | Mu<br>(N mm) | m      | Rn<br>(MPa) | $\rho$ perlu | $\rho$ pakai | As perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | Al perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | As total<br>(cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan lentur | As terpasang<br>(cm <sup>2</sup> ) | Kontrol balok T<br>a (mm) | Kontrol balok L<br>a (mm) |
|-------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|---------------|--------------|--------|-------------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|       |            | b<br>(cm)     | h<br>(cm) |           |           |               |              |        |             |              |              |                                |                                |                                |                       |                                    |                           |                           |
| As. 1 | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -3.451E+08   | 12.893 | 2.670       | 0.0088       | 0.0088       | 22.496                         | 0.708                          | 23.204                         | 5 D.25                | 24.550                             |                           | 41.543                    |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67       | 2.027E+08    | 12.893 | 0.588       | 0.0019       | 0.0044       | 29.691                         | 4.654                          | 34.345                         | 7 D.25                | 34.370                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 2.293E+08    | 12.893 | 1.774       | 0.0058       | 0.0058       | 14.638                         | 0.708                          | 15.346                         | 4 D.25                | 19.640                             |                           |                           |
| As. 2 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -4.567E+08   | 12.893 | 3.534       | 0.0120       | 0.0120       | 30.419                         | 3.229                          | 33.648                         | 7 D.25                | 34.370                             | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 3.628E+08    | 12.893 | 0.561       | 0.0018       | 0.0044       | 55.670                         | 2.637                          | 58.307                         | 12 D.25               | 58.920                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 3.742E+08    | 12.893 | 2.895       | 0.0096       | 0.0096       | 24.527                         | 3.229                          | 27.756                         | 6 D.25                | 29.460                             |                           |                           |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -1.950E+07   | 12.893 | 0.722       | 0.0023       | 0.0044       | 4.408                          | 1.823                          | 6.231                          | 2 D.25                | 9.820                              | 34.529                    |                           |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 2.000E+06    | 12.893 | 0.040       | 0.0001       | 0.0044       | 8.082                          | 2.523                          | 10.605                         | 3 D.25                | 14.730                             |                           |                           |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.600E+07    | 12.893 | 0.592       | 0.0019       | 0.0044       | 4.408                          | 1.823                          | 6.231                          | 2 D.25                | 9.820                              |                           |                           |
| As. 3 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -4.567E+08   | 12.893 | 3.534       | 0.0120       | 0.0120       | 30.419                         | 3.229                          | 33.648                         | 7 D.25                | 34.370                             | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 3.628E+08    | 12.893 | 0.561       | 0.0018       | 0.0044       | 55.670                         | 0.649                          | 56.318                         | 12 D.25               | 58.920                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 3.742E+08    | 12.893 | 2.895       | 0.0096       | 0.0096       | 24.527                         | 3.229                          | 27.756                         | 6 D.25                | 29.460                             |                           |                           |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -1.950E+07   | 12.893 | 0.722       | 0.0023       | 0.0044       | 4.408                          | 1.823                          | 6.231                          | 2 D.25                | 9.820                              | 34.529                    |                           |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 2.000E+06    | 12.893 | 0.040       | 0.0001       | 0.0044       | 8.082                          | 2.523                          | 10.605                         | 3 D.25                | 14.730                             |                           |                           |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.600E+07    | 12.893 | 0.592       | 0.0019       | 0.0044       | 4.408                          | 1.823                          | 6.231                          | 2 D.25                | 9.820                              |                           |                           |
| As. 4 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -4.567E+08   | 12.893 | 3.534       | 0.0120       | 0.0120       | 30.419                         | 3.229                          | 33.648                         | 7 D.25                | 34.370                             | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 3.628E+08    | 12.893 | 0.561       | 0.0018       | 0.0044       | 55.670                         | 0.649                          | 56.318                         | 12 D.25               | 58.920                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 3.742E+08    | 12.893 | 2.895       | 0.0096       | 0.0096       | 24.527                         | 3.229                          | 27.756                         | 6 D.25                | 29.460                             |                           |                           |

**TABEL 7.4-B. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK INDUK LANTAI ATAP**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Diameter begel =  $\phi 12$

$\rho_{bal} = 0.042997$   
 $\rho_{max} = 0.032247$   
 $\rho_{min} = 0.004375$

| Lajur | Tipe Balok | Dimensi balok |           | Daerah    | d<br>(mm) | $b_E$<br>(mm) | Mu<br>(N mm) | m      | Rn<br>(MPa) | $\rho$ perlu | $\rho$ pakai | As perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | Al perlu<br>(cm <sup>2</sup> ) | As total<br>(cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan lentur | As terpasang<br>(cm <sup>2</sup> ) | Kontrol balok T<br>a (mm) | Kontrol balok L<br>a (mm) |
|-------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|---------------|--------------|--------|-------------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|       |            | b<br>(cm)     | h<br>(cm) |           |           |               |              |        |             |              |              |                                |                                |                                |                       |                                    |                           |                           |
| As. 5 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -4.567E+08   | 12.893 | 3.534       | 0.0120       | 0.0120       | 30.419                         | 3.229                          | 33.648                         | 7 D.25                | 34.370                             | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 3.628E+08    | 12.893 | 0.561       | 0.0018       | 0.0044       | 55.670                         | 0.649                          | 56.318                         | 12 D.25               | 58.920                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 3.742E+08    | 12.893 | 2.895       | 0.0096       | 0.0096       | 24.527                         | 3.229                          | 27.756                         | 6 D.25                | 29.460                             |                           |                           |
| As. 6 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -4.567E+08   | 12.893 | 3.534       | 0.0120       | 0.0120       | 30.419                         | 3.229                          | 33.648                         | 7 D.25                | 34.370                             | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 3.628E+08    | 12.893 | 0.561       | 0.0018       | 0.0044       | 55.670                         | 0.649                          | 56.318                         | 12 D.25               | 58.920                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 3.742E+08    | 12.893 | 2.895       | 0.0096       | 0.0096       | 24.527                         | 3.229                          | 27.756                         | 6 D.25                | 29.460                             |                           |                           |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -1.950E+07   | 12.893 | 0.722       | 0.0023       | 0.0044       | 4.408                          | 1.823                          | 6.231                          | 2 D.25                | 9.820                              | 34.529                    |                           |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 2.000E+06    | 12.893 | 0.040       | 0.0001       | 0.0044       | 8.082                          | 2.523                          | 10.605                         | 3 D.25                | 14.730                             |                           |                           |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.600E+07    | 12.893 | 0.592       | 0.0019       | 0.0044       | 4.408                          | 1.823                          | 6.231                          | 2 D.25                | 9.820                              |                           |                           |
| As. 7 | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -4.567E+08   | 12.893 | 3.534       | 0.0120       | 0.0120       | 30.419                         | 3.229                          | 33.648                         | 7 D.25                | 34.370                             | 37.982                    |                           |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 3.628E+08    | 12.893 | 0.561       | 0.0018       | 0.0044       | 55.670                         | 0.649                          | 56.318                         | 12 D.25               | 58.920                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 3.742E+08    | 12.893 | 2.895       | 0.0096       | 0.0096       | 24.527                         | 3.229                          | 27.756                         | 6 D.25                | 29.460                             |                           |                           |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -1.950E+07   | 12.893 | 0.722       | 0.0023       | 0.0044       | 4.408                          | 1.823                          | 6.231                          | 2 D.25                | 9.820                              | 34.529                    |                           |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 2.000E+06    | 12.893 | 0.040       | 0.0001       | 0.0044       | 8.082                          | 2.523                          | 10.605                         | 3 D.25                | 14.730                             |                           |                           |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.600E+07    | 12.893 | 0.592       | 0.0019       | 0.0044       | 4.408                          | 1.823                          | 6.231                          | 2 D.25                | 9.820                              |                           |                           |
| As. 8 | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -3.451E+08   | 12.893 | 2.670       | 0.0088       | 0.0088       | 22.496                         | 0.708                          | 23.204                         | 5 D.25                | 24.550                             |                           | 41.543                    |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67       | 2.027E+08    | 12.893 | 0.588       | 0.0019       | 0.0044       | 29.691                         | 4.654                          | 34.345                         | 7 D.25                | 34.370                             |                           |                           |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 2.293E+08    | 12.893 | 1.774       | 0.0058       | 0.0058       | 14.638                         | 0.708                          | 15.346                         | 4 D.25                | 19.640                             |                           |                           |

**TABEL 7.4-C. PERHITUNGAN TULANGAN UTAMA BALOK INDUK LANTAI ATAP**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton (dc) = 40 mm  
 Tulangan utama = D.25  
 Diameter begel =  $\phi 12$

$\rho_{\text{bal}} = 0.042997$   
 $\rho_{\text{max}} = 0.032247$   
 $\rho_{\text{min}} = 0.004375$

| Lajur | Tipe Balok | Dimensi balok |           | Daerah    | d<br>(mm) | $b_g$<br>(mm) | Mu<br>(N mm) | m      | Rn<br>(MPa) | $\rho$<br>perlu | $\rho$<br>pakai | As<br>perlu<br>( $\text{cm}^2$ ) | Al<br>perlu<br>( $\text{cm}^2$ ) | As<br>total<br>( $\text{cm}^2$ ) | Pakai<br>tulangan<br>lentur | As<br>terpasang<br>( $\text{cm}^2$ ) | Kontrol<br>balok T<br>a (mm) | Kontrol<br>balok L<br>a (mm) |
|-------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|---------------|--------------|--------|-------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|       |            | b<br>(cm)     | h<br>(cm) |           |           |               |              |        |             |                 |                 |                                  |                                  |                                  |                             |                                      |                              |                              |
| As. C | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -3.451E+08   | 12.893 | 2.670       | 0.0088          | 0.0088          | 22.496                           | 0.708                            | 23.204                           | 5 D.25                      | 24.550                               | 41.543                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67       | 2.027E+08    | 12.893 | 0.588       | 0.0019          | 0.0044          | 29.691                           | 4.654                            | 34.345                           | 7 D.25                      | 34.370                               |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 2.293E+08    | 12.893 | 1.774       | 0.0058          | 0.0058          | 14.638                           | 0.708                            | 15.346                           | 4 D.25                      | 19.640                               |                              |                              |
| As. D | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -4.567E+08   | 12.893 | 3.534       | 0.0120          | 0.0120          | 30.419                           | 3.229                            | 33.648                           | 7 D.25                      | 34.370                               | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 3.628E+08    | 12.893 | 0.561       | 0.0018          | 0.0044          | 55.670                           | 2.637                            | 58.307                           | 12 D.25                     | 58.920                               |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 3.742E+08    | 12.893 | 2.895       | 0.0096          | 0.0096          | 24.527                           | 3.229                            | 27.756                           | 6 D.25                      | 29.460                               |                              |                              |
| As. E | In. 1-1    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -4.567E+08   | 12.893 | 3.534       | 0.0120          | 0.0120          | 30.419                           | 3.229                            | 33.648                           | 7 D.25                      | 34.370                               | 37.982                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 2000          | 3.628E+08    | 12.893 | 0.561       | 0.0018          | 0.0044          | 55.670                           | 0.649                            | 56.318                           | 12 D.25                     | 58.920                               |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 3.742E+08    | 12.893 | 2.895       | 0.0096          | 0.0096          | 24.527                           | 3.229                            | 27.756                           | 6 D.25                      | 29.460                               |                              |                              |
| As. F | In. 1-3    | 40            | 70        | Tump. (-) | 635.5     | 400           | -3.451E+08   | 12.893 | 2.670       | 0.0088          | 0.0088          | 22.496                           | 0.708                            | 23.204                           | 5 D.25                      | 24.550                               | 41.543                       |                              |
|       |            | 40            | 70        | Lap.      | 635.5     | 1066.67       | 2.027E+08    | 12.893 | 0.588       | 0.0019          | 0.0044          | 29.691                           | 1.838                            | 31.528                           | 7 D.25                      | 34.370                               |                              |                              |
|       |            | 40            | 70        | Tump. (+) | 635.5     | 400           | 2.293E+08    | 12.893 | 1.774       | 0.0058          | 0.0058          | 14.638                           | 0.708                            | 15.346                           | 4 D.25                      | 19.640                               |                              |                              |
|       | In. 3      | 30            | 40        | Tump. (-) | 335.5     | 300           | -1.950E+07   | 12.893 | 0.722       | 0.0023          | 0.0044          | 4.408                            | 1.823                            | 6.231                            | 2 D.25                      | 9.820                                | 34.529                       |                              |
|       |            | 30            | 40        | Lap.      | 335.5     | 550           | 2.000E+06    | 12.893 | 0.040       | 0.0001          | 0.0044          | 8.082                            | 2.523                            | 10.605                           | 3 D.25                      | 14.730                               |                              |                              |
|       |            | 30            | 40        | Tump. (+) | 335.5     | 300           | 1.600E+07    | 12.893 | 0.592       | 0.0019          | 0.0044          | 4.408                            | 1.823                            | 6.231                            | 2 D.25                      | 9.820                                |                              |                              |

**TABEL 7.5-A. PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK LANTAI 1, 2 DAN 3**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton (dc) = 40 mm  
 Diameter begel =  $\phi 12$   
 Av ada (dua kaki) = 226.286 mm<sup>2</sup>

$x_1 = b - 2 \cdot dc - \phi \text{ begel}$   
 $y_1 = h - 2 \cdot dc - \phi \text{ begel}$

| Lajur | Tipe Balok | x         |           | $x_1$<br>(mm) | $y_1$<br>(mm) | Daerah | d<br>(mm) | $V_u$<br>(N) | $T_u$<br>(N mm) | $\phi \cdot V_c$<br>(N) | $\phi \cdot T_c$<br>(N mm) | $\phi \cdot V_s$<br>(N) | $\phi \cdot T_s$<br>(N mm) | $A_v/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $A_t/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $A_v/t/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{perlu}$<br>(mm) | $s_{maks}$<br>(mm) | $s_{pasang}$<br>(mm) | Al<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------------|-----------|-----------|---------------|---------------|--------|-----------|--------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
|       |            | b<br>(cm) | h<br>(cm) |               |               |        |           |              |                 |                         |                            |                         |                            |                                  |                                  |                                    |                     |                    |                      |                          |
| As. 1 | In. 2      | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 1.733E+05    | 2.628E+07       | 6.286E+04               | 1.907E+07                  | 1.104E+05               | 7.217E+06                  | 0.905                            | 0.152                            | 1.208                              | 187                 | 229                | 150                  | 8.308                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 7.680E+04    | 2.628E+07       | 4.872E+04               | 3.335E+07                  | 2.808E+04               | 0.000E+00                  | 0.417                            | 0.000                            | 0.417                              | 543                 | 229                | 200                  | 13.620                   |
|       | In. 1-3    | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 2.460E+05    | 2.754E+07       | 6.560E+04               | 1.469E+07                  | 1.804E+05               | 1.285E+07                  | 1.479                            | 0.270                            | 2.018                              | 112                 | 229                | 100                  | 4.944                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.533E+05    | 2.754E+07       | 6.148E+04               | 2.209E+07                  | 9.182E+04               | 5.449E+06                  | 0.752                            | 0.114                            | 0.981                              | 231                 | 229                | 200                  | 8.173                    |
| As. 2 | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                              | 61                  | 229                | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                              | 158                 | 229                | 150                  | 5.896                    |
|       | In. 3      | 30        | 40        | 208           | 308           | Turnp  | 335.5     | 1.920E+04    | 1.550E+07       | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                              | 724                 | 129                | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                              | 724                 | 129                | 120                  | 10.092                   |
| As. 3 | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                              | 61                  | 229                | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                              | 158                 | 229                | 150                  | 5.830                    |
|       | In. 3      | 30        | 40        | 208           | 308           | Turnp  | 335.5     | 1.920E+04    | 1.550E+07       | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                              | 724                 | 129                | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                              | 724                 | 129                | 120                  | 10.092                   |
| As. 4 | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                              | 61                  | 229                | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                              | 158                 | 229                | 150                  | 5.830                    |
| As. 5 | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                              | 61                  | 229                | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                              | 158                 | 229                | 150                  | 5.830                    |
| As. 6 | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                              | 61                  | 229                | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                              | 158                 | 229                | 150                  | 5.830                    |
|       | In. 3      | 30        | 40        | 208           | 308           | Turnp  | 335.5     | 1.920E+04    | 1.550E+07       | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                              | 724                 | 129                | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                              | 724                 | 129                | 120                  | 10.092                   |
| As. 7 | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                              | 61                  | 229                | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                              | 158                 | 229                | 150                  | 5.830                    |
|       | In. 3      | 30        | 40        | 208           | 308           | Turnp  | 335.5     | 1.920E+04    | 1.550E+07       | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                              | 724                 | 129                | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                              | 724                 | 129                | 120                  | 10.092                   |
| As. 8 | In. 2      | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 1.733E+05    | 2.628E+07       | 6.286E+04               | 1.907E+07                  | 1.104E+05               | 7.217E+06                  | 0.905                            | 0.152                            | 1.208                              | 187                 | 229                | 150                  | 8.308                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 7.680E+04    | 2.628E+07       | 4.872E+04               | 3.335E+07                  | 2.808E+04               | 0.000E+00                  | 0.417                            | 0.000                            | 0.417                              | 543                 | 229                | 200                  | 13.620                   |
|       | In. 1-3    | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 2.460E+05    | 2.754E+07       | 6.560E+04               | 1.469E+07                  | 1.804E+05               | 1.285E+07                  | 1.479                            | 0.270                            | 2.018                              | 112                 | 229                | 100                  | 4.944                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.533E+05    | 2.754E+07       | 6.148E+04               | 2.209E+07                  | 9.182E+04               | 5.449E+06                  | 0.752                            | 0.114                            | 0.981                              | 231                 | 229                | 200                  | 8.173                    |



**TABEL 7.5-B. PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK LANTAI 1, 2 DAN 3**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Diameter begel =  $\phi 12$   
 $A_{vada}$  (dua kaki) = 226.286 mm<sup>2</sup>

$x_1 = b - 2 \cdot d_c - \phi \text{ begel}$   
 $y_1 = h - 2 \cdot d_c - \phi \text{ begel}$

| Lajur | Tipe Balok | x         |           | $x_1$<br>(mm) | $y_1$<br>(mm) | Daerah | d<br>(mm) | $V_u$<br>(N) | $T_u$<br>(N mm) | $\phi \cdot V_c$<br>(N) | $\phi \cdot T_c$<br>(N mm) | $\phi \cdot V_s$<br>(N) | $\phi \cdot T_s$<br>(N mm) | $A_v/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $A_l/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $A_{vt}/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{perch}$<br>(mm) | $s_{max}$<br>(mm) | $s_{permax}$<br>(mm) | Al<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------------|-----------|-----------|---------------|---------------|--------|-----------|--------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|
|       |            | b<br>(cm) | h<br>(cm) |               |               |        |           |              |                 |                         |                            |                         |                            |                                  |                                  |                                     |                     |                   |                      |                          |
| As. A | In 1-4     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 1.980E+05    | 2.754E+07       | 6.409E+04               | 1.783E+07                  | 1.339E+05               | 9.712E+06                  | 1.098                            | 0.204                            | 1.505                               | 150                 | 229               | 150                  | 3.736                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.321E+05    | 2.754E+07       | 5.947E+04               | 2.480E+07                  | 7.263E+04               | 2.743E+06                  | 0.417                            | 0.058                            | 0.532                               | 425                 | 229               | 200                  | 6.322                    |
|       | In 3       | 30        | 40        | 208           | 308           | Tump   | 335.5     | 1.920E+04    | 1.550E+07       | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129               | 120                  | 8.856                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As. C | In 1-2     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.915E+05    | 6.878E+07       | 6.644E+04               | 3.136E+07                  | 2.251E+05               | 3.743E+07                  | 1.844                            | 0.786                            | 3.416                               | 66                  | 229               | 60                   | 14.396                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.273E+05    | 6.878E+07       | 5.891E+04               | 6.366E+07                  | 6.839E+04               | 5.125E+06                  | 0.561                            | 0.108                            | 0.776                               | 292                 | 229               | 200                  | 9.597                    |
| As. D | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                               | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                               | 158                 | 229               | 150                  | 5.896                    |
| As. E | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                               | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                               | 158                 | 229               | 150                  | 5.830                    |
| As. F | In 1-3     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.460E+05    | 2.754E+07       | 6.560E+04               | 1.469E+07                  | 1.804E+05               | 1.285E+07                  | 1.479                            | 0.270                            | 2.018                               | 112                 | 229               | 100                  | 4.944                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.533E+05    | 2.754E+07       | 6.148E+04               | 2.209E+07                  | 9.182E+04               | 5.449E+06                  | 0.752                            | 0.114                            | 0.981                               | 231                 | 229               | 200                  | 4.880                    |
|       | In 3       | 30        | 40        | 208           | 308           | Tump   | 335.5     | 1.920E+04    | 1.550E+07       | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129               | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129               | 120                  | 10.092                   |

**TABEL 7.6-A. PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK LANTAI MEZZANINE**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Diameter begel =  $\phi 12$   
 Avada (dua kaki) = 226.286 mm<sup>2</sup>

$x_1 = b - 2 \cdot d_c - \phi \text{ begel}$   
 $y_1 = h - 2 \cdot d_c - \phi \text{ begel}$

| Lajur | Tipe Balok | x         |           | $x_1$<br>(mm) | $y_1$<br>(mm) | Daerah | d<br>(mm) | $V_u$<br>(N) | $T_u$<br>(N mm) | $\phi \cdot V_c$<br>(N) | $\phi \cdot T_c$<br>(N mm) | $\phi \cdot V_s$<br>(N) | $\phi \cdot T_s$<br>(N mm) | $A_v/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $A_t/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $A_{vt}/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{perch}$<br>(mm) | $s_{max}$<br>(mm) | $s_{pasang}$<br>(mm) | Al<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------------|-----------|-----------|---------------|---------------|--------|-----------|--------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|
|       |            | b<br>(cm) | h<br>(cm) |               |               |        |           |              |                 |                         |                            |                         |                            |                                  |                                  |                                     |                     |                   |                      |                          |
| As. 1 | In. 1-3    | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.460E+05    | 2.754E+07       | 6.560E+04               | 1.469E+07                  | 1.804E+05               | 1.285E+07                  | 1.479                            | 0.270                            | 2.018                               | 112                 | 229               | 100                  | 4.944                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.533E+05    | 2.754E+07       | 6.148E+04               | 2.209E+07                  | 9.182E+04               | 5.449E+06                  | 0.752                            | 0.114                            | 0.981                               | 231                 | 229               | 200                  | 8.173                    |
| As. 2 | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                               | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                               | 158                 | 229               | 150                  | 5.896                    |
|       | In. 3      | 30        | 40        | 208           | 308           | Tump   | 335.5     | 1.920E+04    | 1.550E+07       | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129               | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As. 3 | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                               | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                               | 158                 | 229               | 150                  | 5.830                    |
|       | In. 3      | 30        | 40        | 208           | 308           | Tump   | 335.5     | 1.920E+04    | 1.550E+07       | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129               | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As. 4 | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                               | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                               | 158                 | 229               | 150                  | 5.830                    |
| As. 5 | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                               | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                               | 158                 | 229               | 150                  | 5.830                    |
| As. 6 | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                               | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                               | 158                 | 229               | 150                  | 5.830                    |
|       | In. 3      | 30        | 40        | 208           | 308           | Tump   | 335.5     | 1.920E+04    | 1.550E+07       | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129               | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As. 7 | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                               | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                               | 158                 | 229               | 150                  | 5.830                    |
|       | In. 3      | 30        | 40        | 208           | 308           | Tump   | 335.5     | 1.920E+04    | 1.550E+07       | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129               | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As. 8 | In. 1-3    | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.460E+05    | 2.754E+07       | 6.560E+04               | 1.469E+07                  | 1.804E+05               | 1.285E+07                  | 1.479                            | 0.270                            | 2.018                               | 112                 | 229               | 100                  | 4.944                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.533E+05    | 2.754E+07       | 6.148E+04               | 2.209E+07                  | 9.182E+04               | 5.449E+06                  | 0.752                            | 0.114                            | 0.981                               | 231                 | 229               | 200                  | 8.173                    |

**TABEL 7.6-B. PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK LANTAI MEZZANINE**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Diameter begel =  $\phi 12$   
 $A_v$  ada (dua kaki) = 226.286 mm<sup>2</sup>

$x_1 = b - 2 \cdot d_c - \phi \text{ begel}$   
 $y_1 = h - 2 \cdot d_c - \phi \text{ begel}$

| Lajur | Tipe Balok | x         |           | $x_1$<br>(mm) | $y_1$<br>(mm) | Daerah | d<br>(mm) | $V_u$<br>(N) | $T_u$<br>(N mm) | $\phi V_c$<br>(N) | $\phi T_c$<br>(N mm) | $\phi V_s$<br>(N) | $\phi T_s$<br>(N mm) | $A_v/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $A_t/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $A_v/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{perlu}$<br>(mm) | $s_{maks}$<br>(mm) | $s_{pasang}$<br>(mm) | AI<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------------|-----------|-----------|---------------|---------------|--------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
|       |            | b<br>(cm) | h<br>(cm) |               |               |        |           |              |                 |                   |                      |                   |                      |                                  |                                  |                                  |                     |                    |                      |                          |
| As. C | In 1-3     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.460E+05    | 2.754E+07       | 6.560E+04         | 1.469E+07            | 1.804E+05         | 1.285E+07            | 1.479                            | 0.270                            | 2.018                            | 112                 | 229                | 60                   | 4.944                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.533E+05    | 2.754E+07       | 6.148E+04         | 2.209E+07            | 9.182E+04         | 5.449E+06            | 0.752                            | 0.114                            | 0.981                            | 231                 | 229                | 200                  | 8.173                    |
| As. D | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04         | 2.917E+07            | 2.481E+05         | 3.961E+07            | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                            | 61                  | 229                | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04         | 5.363E+07            | 9.690E+04         | 1.516E+07            | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                            | 158                 | 229                | 150                  | 5.896                    |
| As. E | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 3.148E+05    | 6.878E+07       | 6.675E+04         | 2.917E+07            | 2.481E+05         | 3.961E+07            | 2.033                            | 0.832                            | 3.696                            | 61                  | 229                | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05    | 6.878E+07       | 6.190E+04         | 5.363E+07            | 9.690E+04         | 1.516E+07            | 0.794                            | 0.318                            | 1.431                            | 158                 | 229                | 150                  | 5.830                    |
| As. F | In 1-3     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.460E+05    | 2.754E+07       | 6.560E+04         | 1.469E+07            | 1.804E+05         | 1.285E+07            | 1.479                            | 0.270                            | 2.018                            | 112                 | 229                | 100                  | 4.944                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.533E+05    | 2.754E+07       | 6.148E+04         | 2.209E+07            | 9.182E+04         | 5.449E+06            | 0.752                            | 0.114                            | 0.981                            | 231                 | 229                | 200                  | 4.880                    |
|       | In 3       | 30        | 40        | 208           | 308           | Tump   | 335.5     | 1.920E+04    | 1.550E+07       | 1.458E+04         | 2.355E+07            | 4.615E+03         | 0.000E+00            | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                            | 724                 | 129                | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03         | 2.742E+07            | 6.589E+02         | 0.000E+00            | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                            | 724                 | 129                | 120                  | 10.092                   |

**TABEL 7.7-A. PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK LANTAI 4 s/d 8**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm  
 Penutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Diameter begel =  $\phi 12$   
 Avada (dua kaki) = 226.286 mm<sup>2</sup>  
 $x_1 = b - 2 \cdot d_c - \phi \text{ begel}$   
 $y_1 = h - 2 \cdot d_c - \phi \text{ begel}$

| Lajur | Tipe Balok | x         |           | $x_1$<br>(mm) | $y_1$<br>(mm) | Daerah | d<br>(mm) | Vu<br>(N) | Tu<br>(N mm) | $\phi \cdot V_c$<br>(N) | $\phi \cdot T_c$<br>(N mm) | $\phi \cdot V_s$<br>(N) | $\phi \cdot T_s$<br>(N mm) | Aw/s<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | At/s<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | Avt/s<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{perlu}$<br>(mm) | $s_{max}$<br>(mm) | $s_{pasang}$<br>(mm) | Al<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------------|-----------|-----------|---------------|---------------|--------|-----------|-----------|--------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|
|       |            | b<br>(cm) | h<br>(cm) |               |               |        |           |           |              |                         |                            |                         |                            |                               |                               |                                |                     |                   |                      |                          |
| As 1  | In 1-3     | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 2.460E+05 | 2.754E+07    | 6.560E+04               | 1.469E+07                  | 1.804E+05               | 1.285E+07                  | 1.479                         | 0.270                         | 2.018                          | 112                 | 229               | 100                  | 4.944                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.533E+05 | 2.754E+07    | 6.148E+04               | 2.209E+07                  | 9.182E+04               | 5.449E+06                  | 0.752                         | 0.114                         | 0.981                          | 231                 | 229               | 200                  | 8.173                    |
| As 2  | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 3.148E+05 | 6.878E+07    | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                         | 0.832                         | 3.696                          | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05 | 6.878E+07    | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                         | 0.318                         | 1.431                          | 158                 | 229               | 150                  | 5.896                    |
|       | In 3       | 30        | 40        | 208           | 308           | Turnp  | 335.5     | 1.920E+04 | 1.550E+07    | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                         | 0.000                         | 0.313                          | 724                 | 129               | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03 | 1.550E+07    | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                         | 0.000                         | 0.313                          | 724                 | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As 3  | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 3.148E+05 | 6.878E+07    | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                         | 0.832                         | 3.696                          | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05 | 6.878E+07    | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                         | 0.318                         | 1.431                          | 158                 | 229               | 150                  | 5.830                    |
|       | In 3       | 30        | 40        | 208           | 308           | Turnp  | 335.5     | 1.920E+04 | 1.550E+07    | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                         | 0.000                         | 0.313                          | 724                 | 129               | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03 | 1.550E+07    | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                         | 0.000                         | 0.313                          | 724                 | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As 4  | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 3.148E+05 | 6.878E+07    | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                         | 0.832                         | 3.696                          | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05 | 6.878E+07    | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                         | 0.318                         | 1.431                          | 158                 | 229               | 150                  | 5.830                    |
| As 5  | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 3.148E+05 | 6.878E+07    | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                         | 0.832                         | 3.696                          | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05 | 6.878E+07    | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                         | 0.318                         | 1.431                          | 158                 | 229               | 150                  | 5.830                    |
| As 6  | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 3.148E+05 | 6.878E+07    | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                         | 0.832                         | 3.696                          | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05 | 6.878E+07    | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                         | 0.318                         | 1.431                          | 158                 | 229               | 150                  | 5.830                    |
|       | In 3       | 30        | 40        | 208           | 308           | Turnp  | 335.5     | 1.920E+04 | 1.550E+07    | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                         | 0.000                         | 0.313                          | 724                 | 129               | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03 | 1.550E+07    | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                         | 0.000                         | 0.313                          | 724                 | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As 7  | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 3.148E+05 | 6.878E+07    | 6.675E+04               | 2.917E+07                  | 2.481E+05               | 3.961E+07                  | 2.033                         | 0.832                         | 3.696                          | 61                  | 229               | 60                   | 15.238                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.588E+05 | 6.878E+07    | 6.190E+04               | 5.363E+07                  | 9.690E+04               | 1.516E+07                  | 0.794                         | 0.318                         | 1.431                          | 158                 | 229               | 150                  | 5.830                    |
|       | In 3       | 30        | 40        | 208           | 308           | Turnp  | 335.5     | 1.920E+04 | 1.550E+07    | 1.458E+04               | 2.355E+07                  | 4.615E+03               | 0.000E+00                  | 0.313                         | 0.000                         | 0.313                          | 724                 | 129               | 120                  | 7.243                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03 | 1.550E+07    | 5.041E+03               | 2.742E+07                  | 6.589E+02               | 0.000E+00                  | 0.313                         | 0.000                         | 0.313                          | 724                 | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As 8  | In 1-3     | 40        | 70        | 308           | 608           | Turnp  | 635.5     | 2.460E+05 | 2.754E+07    | 6.560E+04               | 1.469E+07                  | 1.804E+05               | 1.285E+07                  | 1.479                         | 0.270                         | 2.018                          | 112                 | 229               | 100                  | 4.944                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.533E+05 | 2.754E+07    | 6.148E+04               | 2.209E+07                  | 9.182E+04               | 5.449E+06                  | 0.752                         | 0.114                         | 0.981                          | 231                 | 229               | 200                  | 8.173                    |

TABEL 7.7-B. PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK LANTAI 4 s/d 8

fc' = 29.2 MPa  
fy = 320 MPa  
Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton (dc) = 40 mm  
Diameter begel =  $\phi$  12  
Av ada (dua kaki) = 226.286 mm<sup>2</sup>

$x_1 = b - 2 \cdot dc - \phi$  begel  
 $y_1 = h - 2 \cdot dc - \phi$  begel

| Lajur | Tipe Balok | x         |           | x <sub>1</sub> | y <sub>1</sub> | Daerah | d     | Vu        | Tu        | $\phi \cdot V_c$ | $\phi \cdot T_c$ | $\phi \cdot V_s$ | $\phi \cdot T_s$ | Av/s  | Al/s  | Avt/s | s <sub>perlu</sub> | s <sub>max</sub> | s <sub>pasang</sub> | Al     |
|-------|------------|-----------|-----------|----------------|----------------|--------|-------|-----------|-----------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|-------|-------|--------------------|------------------|---------------------|--------|
|       |            | b<br>(cm) | h<br>(cm) |                |                |        |       |           |           |                  |                  |                  |                  |       |       |       |                    |                  |                     |        |
| As. C | In. 1-3    | 40        | 70        | 308            | 608            | Turnp  | 635.5 | 2.460E+05 | 2.754E+07 | 6.560E+04        | 1.469E+07        | 1.804E+05        | 1.285E+07        | 1.479 | 0.270 | 2.018 | 112                | 229              | 60                  | 4.944  |
|       |            | 40        | 70        | 308            | 608            | Lap.   | 635.5 | 1.533E+05 | 2.754E+07 | 6.148E+04        | 2.209E+07        | 9.182E+04        | 5.449E+06        | 0.752 | 0.114 | 0.981 | 231                | 229              | 200                 | 8.173  |
| As. D | In. 1-1    | 40        | 70        | 308            | 608            | Turnp  | 635.5 | 3.148E+05 | 6.878E+07 | 6.675E+04        | 2.917E+07        | 2.481E+05        | 3.961E+07        | 2.033 | 0.832 | 3.696 | 61                 | 229              | 60                  | 15.238 |
|       |            | 40        | 70        | 308            | 608            | Lap.   | 635.5 | 1.588E+05 | 6.878E+07 | 6.190E+04        | 5.363E+07        | 9.690E+04        | 1.516E+07        | 0.794 | 0.318 | 1.431 | 158                | 229              | 150                 | 5.896  |
| As. E | In. 1-1    | 40        | 70        | 308            | 608            | Turnp  | 635.5 | 3.148E+05 | 6.878E+07 | 6.675E+04        | 2.917E+07        | 2.481E+05        | 3.961E+07        | 2.033 | 0.832 | 3.696 | 61                 | 229              | 60                  | 15.238 |
|       |            | 40        | 70        | 308            | 608            | Lap.   | 635.5 | 1.588E+05 | 6.878E+07 | 6.190E+04        | 5.363E+07        | 9.690E+04        | 1.516E+07        | 0.794 | 0.318 | 1.431 | 158                | 229              | 150                 | 5.830  |
| As. F | In. 1-3    | 40        | 70        | 308            | 608            | Turnp  | 635.5 | 2.460E+05 | 2.754E+07 | 6.560E+04        | 1.469E+07        | 1.804E+05        | 1.285E+07        | 1.479 | 0.270 | 2.018 | 112                | 229              | 100                 | 4.944  |
|       |            | 40        | 70        | 308            | 608            | Lap.   | 635.5 | 1.533E+05 | 2.754E+07 | 6.148E+04        | 2.209E+07        | 9.182E+04        | 5.449E+06        | 0.752 | 0.114 | 0.981 | 231                | 229              | 200                 | 4.880  |
|       | In. 3      | 30        | 40        | 208            | 308            | Turnp  | 335.5 | 1.920E+04 | 1.550E+07 | 1.458E+04        | 2.355E+07        | 4.615E+03        | 0.000E+00        | 0.313 | 0.000 | 0.313 | 724                | 129              | 120                 | 7.243  |
|       |            | 30        | 40        | 208            | 308            | Lap.   | 335.5 | 5.700E+03 | 1.550E+07 | 5.041E+03        | 2.742E+07        | 6.589E+02        | 0.000E+00        | 0.313 | 0.000 | 0.313 | 724                | 129              | 120                 | 10.092 |

**TABEL 7.8-A. PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK LANTAI ATAP**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm

Penutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Diameter begel =  $\phi 12$   
 $A_v$  ada (dua kaki) = 226.286 mm<sup>2</sup>

$x_1 = b - 2 \cdot d_c - \phi$  begel  
 $y_1 = h - 2 \cdot d_c - \phi$  begel

| Lajur | Tipe Balok | x         |           | $x_1$<br>(mm) | $y_1$<br>(mm) | Daerah | d<br>(mm) | $V_u$<br>(N) | $T_u$<br>(N mm) | $\phi V_c$<br>(N) | $\phi T_c$<br>(N mm) | $\phi V_s$<br>(N) | $\phi T_s$<br>(N mm) | $A_v/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $A_t/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $A_{vt}/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{perl}$<br>(mm) | $s_{max}$<br>(mm) | $s_{pasang}$<br>(mm) | A1<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------------|-----------|-----------|---------------|---------------|--------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|
|       |            | b<br>(cm) | h<br>(cm) |               |               |        |           |              |                 |                   |                      |                   |                      |                                  |                                  |                                     |                    |                   |                      |                          |
| As 1  | In 1-3     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 1.713E+05    | 2.754E+07       | 6.274E+04         | 2.017E+07            | 1.086E+05         | 7.367E+06            | 0.890                            | 0.155                            | 1.199                               | 189                | 229               | 150                  | 2.834                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 3.930E+04    | 2.754E+07       | 3.145E+04         | 4.407E+07            | 7.855E+03         | 0.000E+00            | 0.064                            | 0.000                            | 0.064                               | 3515               | 229               | 200                  | 18.616                   |
| As 2  | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.573E+05    | 6.878E+07       | 6.585E+04         | 3.520E+07            | 1.915E+05         | 3.358E+07            | 1.569                            | 0.705                            | 2.979                               | 76                 | 229               | 70                   | 12.916                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.318E+05    | 6.878E+07       | 5.944E+04         | 6.204E+07            | 7.236E+04         | 6.746E+06            | 0.593                            | 0.142                            | 0.876                               | 258                | 229               | 200                  | 10.549                   |
|       | In 3       | 30        | 40        | 208           | 308           | Tump   | 335.5     | 1.890E+04    | 1.550E+07       | 1.442E+04         | 2.366E+07            | 4.479E+03         | 0.000E+00            | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                | 129               | 120                  | 7.291                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03         | 2.742E+07            | 6.589E+02         | 0.000E+00            | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As 3  | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.573E+05    | 6.878E+07       | 6.585E+04         | 3.520E+07            | 1.915E+05         | 3.358E+07            | 1.569                            | 0.705                            | 2.979                               | 76                 | 229               | 70                   | 12.916                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.318E+05    | 6.878E+07       | 5.944E+04         | 6.204E+07            | 7.236E+04         | 6.746E+06            | 0.593                            | 0.142                            | 0.876                               | 258                | 229               | 200                  | 2.595                    |
|       | In 3       | 30        | 40        | 208           | 308           | Tump   | 335.5     | 1.890E+04    | 1.550E+07       | 1.442E+04         | 2.366E+07            | 4.479E+03         | 0.000E+00            | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                | 129               | 120                  | 7.291                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03         | 2.742E+07            | 6.589E+02         | 0.000E+00            | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As 4  | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.573E+05    | 6.878E+07       | 6.585E+04         | 3.520E+07            | 1.915E+05         | 3.358E+07            | 1.569                            | 0.705                            | 2.979                               | 76                 | 229               | 70                   | 12.916                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.318E+05    | 6.878E+07       | 5.944E+04         | 6.204E+07            | 7.236E+04         | 6.746E+06            | 0.593                            | 0.142                            | 0.876                               | 258                | 229               | 200                  | 2.595                    |
| As 5  | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.573E+05    | 6.878E+07       | 6.585E+04         | 3.520E+07            | 1.915E+05         | 3.358E+07            | 1.569                            | 0.705                            | 2.979                               | 76                 | 229               | 70                   | 12.916                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.318E+05    | 6.878E+07       | 5.944E+04         | 6.204E+07            | 7.236E+04         | 6.746E+06            | 0.593                            | 0.142                            | 0.876                               | 258                | 229               | 200                  | 2.595                    |
| As 6  | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.573E+05    | 6.878E+07       | 6.585E+04         | 3.520E+07            | 1.915E+05         | 3.358E+07            | 1.569                            | 0.705                            | 2.979                               | 76                 | 229               | 70                   | 12.916                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.318E+05    | 6.878E+07       | 5.944E+04         | 6.204E+07            | 7.236E+04         | 6.746E+06            | 0.593                            | 0.142                            | 0.876                               | 258                | 229               | 200                  | 2.595                    |
|       | In 3       | 30        | 40        | 208           | 308           | Tump   | 335.5     | 1.890E+04    | 1.550E+07       | 1.442E+04         | 2.366E+07            | 4.479E+03         | 0.000E+00            | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                | 129               | 120                  | 7.291                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03         | 2.742E+07            | 6.589E+02         | 0.000E+00            | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As 7  | In 1-1     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.573E+05    | 6.878E+07       | 6.585E+04         | 3.520E+07            | 1.915E+05         | 3.358E+07            | 1.569                            | 0.705                            | 2.979                               | 76                 | 229               | 70                   | 12.916                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.318E+05    | 6.878E+07       | 5.944E+04         | 6.204E+07            | 7.236E+04         | 6.746E+06            | 0.593                            | 0.142                            | 0.876                               | 258                | 229               | 200                  | 2.595                    |
|       | In 3       | 30        | 40        | 208           | 308           | Tump   | 335.5     | 1.890E+04    | 1.550E+07       | 1.442E+04         | 2.366E+07            | 4.479E+03         | 0.000E+00            | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                | 129               | 120                  | 7.291                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03         | 2.742E+07            | 6.589E+02         | 0.000E+00            | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                | 129               | 120                  | 10.092                   |
| As 8  | In 1-3     | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 1.713E+05    | 2.754E+07       | 6.274E+04         | 2.017E+07            | 1.086E+05         | 7.367E+06            | 0.890                            | 0.155                            | 1.199                               | 189                | 229               | 150                  | 2.834                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 3.930E+04    | 2.754E+07       | 3.145E+04         | 4.407E+07            | 7.855E+03         | 0.000E+00            | 0.064                            | 0.000                            | 0.064                               | 3515               | 229               | 200                  | 18.616                   |

**TABEL 7.8-B. PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK LANTAI ATAP**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$   
 Tebal pelat lantai = 120 mm  
 Perutup beton ( $d_c$ ) = 40 mm  
 Diameter begel =  $\phi 12$   
 $A_v$  ada (dua kaki) = 226.286 mm<sup>2</sup>  
 $x_1 = b - 2 \cdot d_c - \phi \text{ begel}$   
 $y_1 = h - 2 \cdot d_c - \phi \text{ begel}$

| Lajur | Tipe Balok | x         |           | $x_1$<br>(mm) | $y_1$<br>(mm) | Daerah | d<br>(mm) | $V_u$<br>(N) | $T_u$<br>(N mm) | $\phi V_c$<br>(N) | $\phi T_c$<br>(N mm) | $\phi V_s$<br>(N) | $\phi T_s$<br>(N mm) | $A_v/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $A_t/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $A_{vt}/s$<br>(mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{perlu}$<br>(mm) | $s_{maks}$<br>(mm) | $s_{pasang}$<br>(mm) | A1<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------------|-----------|-----------|---------------|---------------|--------|-----------|--------------|-----------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|
|       |            | b<br>(cm) | h<br>(cm) |               |               |        |           |              |                 |                   |                      |                   |                      |                                  |                                  |                                     |                     |                    |                      |                          |
| As. C | In. 1-3    | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 1.713E+05    | 2.754E+07       | 6.274E+04         | 2.017E+07            | 1.086E+05         | 7.367E+06            | 0.890                            | 0.155                            | 1.199                               | 189                 | 229                | 120                  | 2.834                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 3.930E+04    | 2.754E+07       | 3.145E+04         | 4.407E+07            | 7.855E+03         | 0.000E+00            | 0.064                            | 0.000                            | 0.064                               | 3515                | 229                | 200                  | 18.616                   |
| As. D | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.573E+05    | 6.878E+07       | 6.585E+04         | 3.520E+07            | 1.915E+05         | 3.358E+07            | 1.569                            | 0.705                            | 2.979                               | 76                  | 229                | 70                   | 12.916                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.318E+05    | 6.878E+07       | 5.944E+04         | 6.204E+07            | 7.236E+04         | 6.746E+06            | 0.593                            | 0.142                            | 0.876                               | 258                 | 229                | 200                  | 10.549                   |
| As. E | In. 1-1    | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 2.573E+05    | 6.878E+07       | 6.585E+04         | 3.520E+07            | 1.915E+05         | 3.358E+07            | 1.569                            | 0.705                            | 2.979                               | 76                  | 229                | 70                   | 12.916                   |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 1.318E+05    | 6.878E+07       | 5.944E+04         | 6.204E+07            | 7.236E+04         | 6.746E+06            | 0.593                            | 0.142                            | 0.876                               | 258                 | 229                | 200                  | 2.595                    |
| As. F | In. 1-3    | 40        | 70        | 308           | 608           | Tump   | 635.5     | 1.713E+05    | 2.754E+07       | 6.274E+04         | 2.017E+07            | 1.086E+05         | 7.367E+06            | 0.890                            | 0.155                            | 1.199                               | 189                 | 229                | 150                  | 2.834                    |
|       |            | 40        | 70        | 308           | 608           | Lap.   | 635.5     | 3.930E+04    | 2.754E+07       | 3.145E+04         | 4.407E+07            | 7.855E+03         | 0.000E+00            | 0.064                            | 0.000                            | 0.064                               | 3515                | 229                | 200                  | 7.352                    |
|       | In. 3      | 30        | 40        | 208           | 308           | Tump   | 335.5     | 1.890E+04    | 1.550E+07       | 1.442E+04         | 2.366E+07            | 4.479E+03         | 0.000E+00            | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129                | 120                  | 7.291                    |
|       |            | 30        | 40        | 208           | 308           | Lap.   | 335.5     | 5.700E+03    | 1.550E+07       | 5.041E+03         | 2.742E+07            | 6.589E+02         | 0.000E+00            | 0.313                            | 0.000                            | 0.313                               | 724                 | 129                | 120                  | 10.092                   |

**TABEL 8.1.1. KONTROL KELANGSINGAN KOLOM LANTAI DASAR**

 Kolom dengan pengaku samping (*Braced frame*)

| As.<br>Kolom | Letak<br>Kolom | Arah    | Dimensi<br>(mm) | r<br>(mm) | Kolom      |            | Balok<br>Lu<br>(cm) | Faktor<br>tekuk<br>k | k.Lu/r | M <sub>1b</sub><br>(kg-cm) | M <sub>2b</sub><br>(kg-cm) | Batas<br>k.Lu/r | Keterangan                    |
|--------------|----------------|---------|-----------------|-----------|------------|------------|---------------------|----------------------|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------|
|              |                |         |                 |           | Lu<br>(cm) | Ln<br>(cm) |                     |                      |        |                            |                            |                 |                               |
| A            | Corner         | Sumbu X | 60              | 18        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 22.222 | 1.620E+04                  | -3.300E+04                 | 39.891          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70              | 21        | 400        | 330        | 750                 | 1                    | 19.048 | 4.343E+05                  | -9.426E+05                 | 39.529          |                               |
|              | Tepi           | Sumbu X | 60              | 18        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 22.222 | 2.000E+04                  | -4.600E+04                 | 39.217          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70              | 21        | 400        | 330        | 1500                | 1                    | 19.048 | 1.064E+06                  | -1.426E+06                 | 42.954          |                               |
| B            | Tepi           | Sumbu X | 60              | 18        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 22.222 | 1.200E+04                  | -1.530E+04                 | 43.412          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60              | 18        | 400        | 330        | 750                 | 1                    | 22.222 | 4.140E+05                  | -5.380E+05                 | 43.234          |                               |
| C            | Tengah         | Sumbu X | 70              | 21        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 19.048 | 1.700E+04                  | -3.500E+04                 | 39.829          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70              | 21        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 19.048 | 1.095E+06                  | -1.106E+06                 | 45.886          |                               |
| D            | Tengah         | Sumbu X | 70              | 21        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 19.048 | 2.150E+04                  | -4.900E+04                 | 39.265          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70              | 21        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 19.048 | 3.100E+06                  | 3.520E+06                  | 23.432          |                               |
| E            | Tepi           | Sumbu X | 70              | 21        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 19.048 | 4.000E+04                  | -8.300E+04                 | 39.783          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70              | 21        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 19.048 | 1.220E+06                  | -2.540E+06                 | 39.764          |                               |
|              | Tengah         | Sumbu X | 70              | 21        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 19.048 | -4.100E+04                 | 9.000E+04                  | 39.467          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70              | 21        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 19.048 | 1.190E+06                  | -3.070E+06                 | 38.651          |                               |
| F            | Corner         | Sumbu X | 70              | 21        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 19.048 | 1.480E+03                  | -5.340E+03                 | 37.326          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70              | 21        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 19.048 | 1.793E+06                  | -1.925E+06                 | 45.180          |                               |
|              | Tepi           | Sumbu X | 70              | 21        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 19.048 | 1.800E+03                  | -3.900E+03                 | 39.538          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70              | 21        | 400        | 330        | 800                 | 1                    | 19.048 | -1.144E+06                 | 2.409E+06                  | 39.699          |                               |



**TABEL 8.1.2. KONTROL KELANGSINGAN KOLOM LANTAI SATU**

Kolom dengan pengaku samping (*Braced frame* )

| As.<br>Kolom | Letak<br>Kolom | Arah    | Dimensi<br>( mm ) | r<br>( mm ) | Kolom        |              | Balok<br>Lu<br>( cm ) | Faktor<br>tekuk<br>k | k.Lu/r | M <sub>1b</sub><br>( kg-cm ) | M <sub>2b</sub><br>( kg-cm ) | Batas<br>k.Lu/r | Keterangan                    |
|--------------|----------------|---------|-------------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|              |                |         |                   |             | Lu<br>( cm ) | Ln<br>( cm ) |                       |                      |        |                              |                              |                 |                               |
| A            | Corner         | Sumbu X | 60                | 18          | 800          | 330          | 800                   | 1                    | 44.444 | -4.100E+03                   | 4.300E+03                    | 45.442          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 800          | 330          | 750                   | 1                    | 38.095 | -2.173E+06                   | 2.573E+06                    | 44.134          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              | Tepi           | Sumbu X | 60                | 18          | 800          | 330          | 800                   | 1                    | 44.444 | -1.400E+04                   | 1.600E+04                    | 44.500          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 800          | 330          | 1500                  | 1                    | 38.095 | -8.751E+06                   | 1.033E+07                    | 44.162          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| B            | Tepi           | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -3.900E+04                   | 4.400E+04                    | 44.636          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 750                   | 1                    | 22.222 | 2.566E+06                    | 4.880E+06                    | 27.690          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| C            | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -2.130E+04                   | -3.500E+04                   | 26.697          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -2.586E+06                   | 7.206E+06                    | 38.306          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| D            | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.200E+04                   | 1.400E+04                    | 44.286          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 4.310E+05                    | 6.260E+05                    | 25.738          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| E            | Tepi           | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -8.200E+04                   | 1.040E+05                    | 43.462          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.890E+05                   | 3.070E+05                    | 41.388          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.690E+05                   | 2.140E+05                    | 43.477          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.370E+05                   | 1.809E+05                    | 43.088          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| F            | Corner         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -2.900E+04                   | 4.600E+04                    | 41.565          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 1.793E+06                    | -1.925E+06                   | 45.180          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              | Tepi           | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.160E+05                   | 1.860E+05                    | 41.484          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 2.497E+06                    | -2.685E+06                   | 45.160          | Panjang tekuk boleh diabaikan |

**TABEL 8.1.3. KONTROL KELANGSINGAN KOLOM LANTAI MEZZANINE**

Kolom dengan pengaku samping (Braced frame )

| As.<br>Kolom | Letak<br>Kolom | Arah    | Dimensi<br>( mm ) | r<br>( mm ) | Kolom        |              | Balok<br>Lu<br>( cm ) | Faktor<br>tekuk<br>k | k.Lu/r | M <sub>1b</sub><br>( kg-cm ) | M <sub>2b</sub><br>( kg-cm ) | Batas<br>k.Lu/r | Keterangan                    |
|--------------|----------------|---------|-------------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|              |                |         |                   |             | Lu<br>( cm ) | Ln<br>( cm ) |                       |                      |        |                              |                              |                 |                               |
| C            | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 1.350E+03                    | -3.310E+03                   | 38.894          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 1.715E+05                    | 5.103E+05                    | 29.967          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| D            | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 1.724E+03                    | -2.322E+03                   | 42.910          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -4.316E+05                   | -7.206E+05                   | 26.813          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| E            | Tepi           | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 1.710E+05                    | 1.920E+05                    | 23.313          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 3.770E+05                    | -5.540E+05                   | 42.166          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -2.850E+05                   | 3.260E+05                    | 44.491          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 3.770E+05                    | -5.540E+05                   | 42.166          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| F            | Corner         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 1.430E+05                    | -2.810E+05                   | 40.107          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 1.510E+05                    | -6.630E+05                   | 36.733          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              | Tepi           | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 2.690E+05                    | -3.010E+05                   | 44.724          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 2.553E+06                    | -2.968E+06                   | 44.322          | Panjang tekuk boleh diabaikan |

**TABEL 8.1.4. KONTROL KELANGSINGAN KOLOM LANTAI DUA**

Kolom dengan pengaku samping (*Braced frame*)

| As.<br>Kolom | Letak<br>Kolom | Arah    | Dimensi<br>( mm ) | r<br>( mm ) | Kolom        |              | Balok<br>Lu<br>( cm ) | Faktor<br>tekuk<br>k | k.Lu/r | M <sub>1b</sub><br>( kg-cm ) | M <sub>2b</sub><br>( kg-cm ) | Batas<br>k.Lu/r | Keterangan                    |
|--------------|----------------|---------|-------------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|              |                |         |                   |             | Lu<br>( cm ) | Ln<br>( cm ) |                       |                      |        |                              |                              |                 |                               |
| A            | Corner         | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -2.000E+03                   | 1.600E+04                    | 35.500          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 750                   | 1                    | 19.048 | 4.184E+06                    | -6.033E+06                   | 42.322          |                               |
|              | Tepi           | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -7.100E+03                   | 6.300E+04                    | 35.352          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 1500                  | 1                    | 19.048 | 1.682E+07                    | -2.427E+07                   | 42.314          |                               |
| B            | Tepi           | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | 3.210E+03                    | -3.200E+04                   | 35.204          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 750                   | 1                    | 22.222 | 4.184E+06                    | -6.033E+06                   | 42.322          |                               |
| C            | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.300E+04                   | 1.500E+04                    | 44.400          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.307E+07                   | 1.554E+07                    | 44.090          |                               |
| D            | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.200E+04                   | 1.400E+04                    | 44.286          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.400E+05                   | -5.380E+05                   | 30.877          |                               |
| E            | Tepi           | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.020E+05                   | 1.110E+05                    | 45.027          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -2.420E+05                   | 4.630E+05                    | 40.272          |                               |
|              | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -3.910E+05                   | 4.270E+05                    | 44.988          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -9.630E+05                   | 1.842E+06                    | 40.274          |                               |
| F            | Corner         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 8.900E+04                    | 9.900E+04                    | 23.212          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -8.880E+05                   | 1.130E+06                    | 43.430          |                               |
|              | Tepi           | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 3.600E+05                    | -3.990E+05                   | 44.827          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -3.390E+06                   | 4.355E+06                    | 43.341          |                               |

**TABEL 8.1.5. KONTROL KELANGSINGAN KOLOM LANTAI TIGA**

Kolom dengan pengaku samping (*Braced frame* )

| As.<br>Kolom | Letak<br>Kolom | Arah    | Dimensi<br>( mm ) | r<br>( mm ) | Kolom        |              | Balok<br>Lu<br>( cm ) | Faktor<br>tekuk<br>k | k.Lu/r | M <sub>1b</sub><br>( kg-cm ) | M <sub>2b</sub><br>( kg-cm ) | Batas<br>k.Lu/r | Keterangan                    |
|--------------|----------------|---------|-------------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|              |                |         |                   |             | Lu<br>( cm ) | Ln<br>( cm ) |                       |                      |        |                              |                              |                 |                               |
| C            | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -6.300E+04                   | 7.300E+04                    | 44.356          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.719E+06                   | -2.081E+06                   | 24.087          |                               |
| D            | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.700E+04                   | 2.500E+04                    | 42.160          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.444E+06                   | 2.408E+06                    | 41.196          |                               |
| E            | Tepi           | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.690E+05                   | 2.140E+05                    | 43.477          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.890E+05                   | 3.070E+05                    | 41.388          |                               |
|              | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -4.790E+05                   | 5.140E+05                    | 45.183          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -4.870E+05                   | 1.317E+06                    | 38.437          |                               |
| F            | Corner         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 1.140E+05                    | -1.210E+05                   | 45.306          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -6.120E+05                   | 1.073E+06                    | 40.844          |                               |
|              | Tepi           | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 4.610E+05                    | 4.880E+05                    | 22.664          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.344E+06                   | 2.264E+06                    | 41.124          |                               |

**TABEL 8.1.6. KONTROL KELANGSINGAN KOLOM LANTAI EMPAT**

 Kolom dengan pengaku samping (*Braced frame*)

| As.<br>Kolom | Letak<br>Kolom | Arah    | Dimensi<br>( mm ) | r<br>( mm ) | Kolom        |              | Balok<br>Lu<br>( cm ) | Faktor<br>tekuk<br>k | k.Lu/r | M <sub>1b</sub><br>( kg-cm ) | M <sub>2b</sub><br>( kg-cm ) | Batas<br>k.Lu/r | Keterangan                    |
|--------------|----------------|---------|-------------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|              |                |         |                   |             | Lu<br>( cm ) | Ln<br>( cm ) |                       |                      |        |                              |                              |                 |                               |
| C            | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -9.000E+04                   | 1.770E+05                    | 40.102          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -3.583E+06                   | 4.312E+06                    | 43.971          |                               |
| D            | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.500E+04                   | 5.600E+04                    | 37.214          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 5.820E+05                    | -8.920E+05                   | 41.830          |                               |
| E            | Tepi           | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 1.680E+05                    | 1.750E+05                    | 22.480          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -3.140E+05                   | 3.350E+05                    | 45.248          |                               |
| F            | Tengah         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -5.604E+05                   | 5.670E+05                    | 45.860          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 1.990E+05                    | -3.800E+05                   | 40.284          |                               |
|              | Corner         | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -3.130E+05                   | 3.190E+05                    | 45.774          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | -1.329E+06                   | 1.384E+06                    | 45.523          |                               |
|              | Tepi           | Sumbu X | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 5.360E+05                    | 5.370E+05                    | 22.022          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 70                | 21          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 19.048 | 2.934E+06                    | -3.166E+06                   | 45.121          |                               |

**TABEL 8.1.7. KONTROL KELANGSINGAN KOLOM LANTAI LIMA**

 Kolom dengan pengaku samping (*Braced frame*)

| As.<br>Kolom | Letak<br>Kolom | Arah    | Dimensi<br>( mm ) | r<br>( mm ) | Kolom        |              | Balok<br>Lu<br>( cm ) | Faktor<br>tekuk<br>k | k.Lu/r | M <sub>1b</sub><br>( kg-cm ) | M <sub>2b</sub><br>( kg-cm ) | Batas<br>k.Lu/r | Keterangan                    |
|--------------|----------------|---------|-------------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|              |                |         |                   |             | Lu<br>( cm ) | Ln<br>( cm ) |                       |                      |        |                              |                              |                 |                               |
| C            | Tengah         | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -2.000E+04                   | 4.200E+04                    | 39.714          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | 3.155E+06                    | -3.323E+06                   | 45.393          |                               |
| D            | Tengah         | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | 2.500E+04                    | 4.900E+04                    | 27.878          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -1.079E+06                   | 1.167E+06                    | 45.095          |                               |
| E            | Tepi           | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | 1.460E+05                    | -1.650E+05                   | 44.618          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -1.660E+05                   | 1.780E+05                    | 45.191          |                               |
|              | Tengah         | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -6.450E+05                   | 6.820E+05                    | 45.349          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -7.600E+04                   | 1.570E+05                    | 39.809          |                               |
| F            | Corner         | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -3.130E+05                   | 3.190E+05                    | 45.774          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -1.329E+06                   | 1.384E+06                    | 45.523          |                               |
|              | Tepi           | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -6.200E+05                   | 6.300E+05                    | 45.810          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -2.783E+06                   | 2.883E+06                    | 45.584          |                               |

**TABEL 8.1.8. KONTROL KELANGSINGAN KOLOM LANTAI ENAM**

Kolom dengan pengaku samping (*Braced frame* )

| As.<br>Kolom | Letak<br>Kolom | Arah    | Dimensi<br>( mm ) | r<br>( mm ) | Kolom        |              | Balok<br>Lu<br>( cm ) | Faktor<br>tekuk<br>k | k.Lu/r | M <sub>1b</sub><br>( kg-cm ) | M <sub>2b</sub><br>( kg-cm ) | Batas<br>k.Lu/r | Keterangan                    |
|--------------|----------------|---------|-------------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|              |                |         |                   |             | Lu<br>( cm ) | Ln<br>( cm ) |                       |                      |        |                              |                              |                 |                               |
| C            | Tengah         | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -4.000E+04                   | 1.230E+05                    | 37.902          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -3.432E+06                   | 3.439E+06                    | 45.976          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| D            | Tengah         | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -4.210E+04                   | 8.300E+04                    | 40.087          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | 1.144E+06                    | -1.151E+06                   | 45.927          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| E            | Tepi           | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | 1.206E+05                    | -1.620E+05                   | 42.933          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | 1.690E+05                    | -2.970E+05                   | 40.828          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              | Tengah         | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -7.680E+05                   | 7.680E+05                    | 46.000          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -1.770E+05                   | 2.260E+05                    | 43.398          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| F            | Corner         | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | 2.100E+05                    | -2.860E+05                   | 42.811          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -8.740E+05                   | 1.097E+06                    | 43.561          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              | Tepi           | Sumbu X | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -6.830E+05                   | 7.110E+05                    | 45.527          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 60                | 18          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 22.222 | -2.902E+06                   | 2.923E+06                    | 45.914          | Panjang tekuk boleh diabaikan |

**TABEL 8.1.9. KONTROL KELANGSINGAN KOLOM LANTAI TUJUH**

Kolom dengan pengaku samping (*Braced frame* )

| As.<br>Kolom | Letak<br>Kolom | Arah    | Dimensi<br>( mm ) | r<br>( mm ) | Kolom        |              | Balok<br>Lu<br>( cm ) | Faktor<br>tekuk<br>k | k.Lu/r | M <sub>1b</sub><br>( kg-cm ) | M <sub>2b</sub><br>( kg-cm ) | Batas<br>k.Lu/r | Keterangan                    |
|--------------|----------------|---------|-------------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|              |                |         |                   |             | Lu<br>( cm ) | Ln<br>( cm ) |                       |                      |        |                              |                              |                 |                               |
| C            | Tengah         | Sumbu X | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | 8.371E+04                    | -1.030E+05                   | 43.753          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -1.622E+05                   | 1.997E+05                    | 43.747          |                               |
| D            | Tengah         | Sumbu X | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | 8.417E+04                    | -1.101E+05                   | 43.174          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -1.630E+05                   | 2.021E+05                    | 43.678          |                               |
| E            | Tepi           | Sumbu X | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -5.388E+04                   | 6.631E+04                    | 43.751          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -3.101E+05                   | 3.403E+05                    | 44.935          |                               |
|              | Tengah         | Sumbu X | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -2.523E+04                   | 3.420E+04                    | 42.853          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -2.630E+05                   | 4.101E+05                    | 41.696          |                               |
| F            | Corner         | Sumbu X | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -7.172E+04                   | 8.018E+04                    | 44.734          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | 3.371E+05                    | -4.102E+05                   | 43.862          |                               |
|              | Tepi           | Sumbu X | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | 8.690E+04                    | -1.134E+05                   | 43.196          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | 3.109E+05                    | -3.295E+05                   | 45.323          |                               |



**TABEL 8.1.10. KONTROL KELANGSINGAN KOLOM LANTAI DELAPAN**

Kolom dengan pengaku samping (*Braced frame*)

| As.<br>Kolom | Letak<br>Kolom | Arah    | Dimensi<br>( mm ) | r<br>( mm ) | Kolom        |              | Balok<br>Lu<br>( cm ) | Faktor<br>tekuk<br>k | k.Lu/r | M <sub>1b</sub><br>( kg-cm ) | M <sub>2b</sub><br>( kg-cm ) | Batas<br>k.Lu/r | Keterangan                    |
|--------------|----------------|---------|-------------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------------|--------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|              |                |         |                   |             | Lu<br>( cm ) | Ln<br>( cm ) |                       |                      |        |                              |                              |                 |                               |
| C            | Tengah         | Sumbu X | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | 8.255E+04                    | -1.622E+05                   | 40.107          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -1.008E+05                   | 2.515E+05                    | 38.810          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| D            | Tengah         | Sumbu X | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | 5.300E+04                    | -1.530E+05                   | 38.157          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -1.076E+05                   | 1.170E+05                    | 45.036          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| E            | Tepi           | Sumbu X | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -2.230E+04                   | 3.150E+04                    | 42.495          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -2.970E+05                   | 3.023E+05                    | 45.790          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
| F            | Tengah         | Sumbu X | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -2.630E+04                   | 3.420E+04                    | 43.228          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | -2.630E+05                   | 3.420E+05                    | 43.228          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              | Corner         | Sumbu X | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | 6.760E+04                    | -6.840E+04                   | 45.860          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | 7.170E+05                    | -7.640E+05                   | 45.262          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              | Tepi           | Sumbu X | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | 8.690E+04                    | -1.134E+05                   | 43.196          | Panjang tekuk boleh diabaikan |
|              |                | Sumbu Y | 50                | 15          | 400          | 330          | 800                   | 1                    | 26.667 | 3.215E+05                    | -3.295E+05                   | 45.709          | Panjang tekuk boleh diabaikan |

**TABEL 8.2.1. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN AKSIAL KOLOM LANTAI DASAR**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm  
 Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi ( cm ) | Faktor tekuk k | $M_{2s}$ ( N-mm ) | $M_u$ ( N-mm ) | Keterangan   | $P_u$ ( N ) | $K_x, K_y$ ( MPa ) | $K_x, K_y$ ( Ksi ) | $\gamma$ | $\rho$ perlu | As perlu ( $\text{cm}^2$ ) | Pakai tulangan | As ada ( $\text{cm}^2$ ) |
|-----------|-------------|---------|----------------|----------------|-------------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|--------------------|----------|--------------|----------------------------|----------------|--------------------------|
| A         | Corner      | Sumbu X | 60             | 1              | 5.224E+08         | 7.915E+08      | -            | 1.479E+06   | 2.9401             | 0.4264             | 0.8      | 0.0210       | 92.73                      | 20 D.25        | 98.2                     |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 5.831E+08         | 8.644E+08      | Menentukan ! | 1.479E+06   | 3.5218             | 0.5108             |          |              |                            |                |                          |
|           | Tepi        | Sumbu X | 60             | 1              | 5.559E+08         | 8.723E+08      | -            | 2.958E+06   | 3.3498             | 0.4858             | 0.8      | 0.0200       | 88.53                      | 20 D.25        | 98.2                     |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 6.855E+08         | 9.848E+08      | Menentukan ! | 2.958E+06   | 7.0436             | 1.0216             |          |              |                            |                |                          |
| B         | Tepi        | Sumbu X | 60             | 1              | 6.503E+07         | 1.073E+08      | -            | 2.127E+06   | 0.5258             | 0.0763             | 0.8      | 0.0100       | 40.53                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 7.856E+07         | 1.136E+08      | Menentukan ! | 2.127E+06   | 5.9072             | 0.8568             |          |              |                            |                |                          |
| C         | Tengah      | Sumbu X | 70             | 1              | 4.136E+08         | 7.120E+08      | -            | 7.021E+06   | 2.2647             | 0.3285             | 0.8      | 0.0210       | 107.43                     | 24 D.25        | 117.84                   |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 5.541E+08         | 7.768E+08      | Menentukan ! | 7.021E+06   | 14.3294            | 2.0783             |          |              |                            |                |                          |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 70             | 1              | 4.126E+08         | 6.889E+08      | -            | 7.371E+06   | 2.1436             | 0.3109             | 0.8      | 0.0230       | 117.23                     | 24 D.25        | 117.84                   |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 5.131E+08         | 7.353E+08      | Menentukan ! | 7.371E+06   | 15.0437            | 2.1819             |          |              |                            |                |                          |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 70             | 1              | 4.754E+08         | 8.046E+08      | -            | 4.717E+06   | 2.5286             | 0.3667             | 0.8      | 0.0130       | 68.23                      | 16 D.25        | 78.56                    |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 6.113E+08         | 8.673E+08      | Menentukan ! | 4.717E+06   | 9.6265             | 1.3962             |          |              |                            |                |                          |
|           | Tengah      | Sumbu X | 70             | 1              | 3.984E+08         | 6.741E+08      | -            | 7.318E+06   | 2.1184             | 0.3073             | 0.8      | 0.0190       | 97.63                      | 20 D.25        | 98.2                     |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 5.121E+08         | 7.266E+08      | Menentukan ! | 7.318E+06   | 14.9354            | 2.1662             |          |              |                            |                |                          |
| F         | Corner      | Sumbu X | 70             | 1              | 4.305E+08         | 7.221E+08      | -            | 2.327E+06   | 2.2548             | 0.3270             | 0.8      | 0.0130       | 68.23                      | 16 D.25        | 78.56                    |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 5.416E+08         | 7.734E+08      | Menentukan ! | 2.327E+06   | 4.7480             | 0.6886             |          |              |                            |                |                          |
|           | Tepi        | Sumbu X | 70             | 1              | 4.210E+08         | 6.858E+08      | -            | 4.653E+06   | 2.0947             | 0.3038             | 0.8      | 0.0140       | 73.13                      | 16 D.25        | 78.56                    |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 4.918E+08         | 7.185E+08      | Menentukan ! | 4.653E+06   | 9.4959             | 1.3773             |          |              |                            |                |                          |

**TABEL 8.2.2. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN AKSIAL KOLOM LANTAI SATU**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm  
 Sengkang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi (cm) | Faktor tekuk k | $M_{2s}$ (N-mm) | $M_u$ (N-mm) | Keterangan   | $P_u$ (N) | $K_x, K_y$ (MPa) | $K_x, K_y$ (Ksi) | $\gamma$ | $P$ perlu | As perlu (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan | As ada (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|---------|--------------|----------------|-----------------|--------------|--------------|-----------|------------------|------------------|----------|-----------|-----------------------------|----------------|---------------------------|
| A         | Corner      | Sumbu X | 60           | 1              | 4.077E+08       | 6.933E+08    | -            | 1.479E+06 | 2.8515           | 0.4136           | 0.8      | 0.0210    | 92.73                       | 20 D.25        | 98.2                      |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 6.188E+08       | 8.383E+08    | Menentukan ! | 1.479E+06 | 3.5218           | 0.5108           |          |           |                             |                |                           |
|           | Tepi        | Sumbu X | 60           | 1              | 3.396E+08       | 6.695E+08    | -            | 2.958E+06 | 3.0529           | 0.4428           |          |           |                             |                |                           |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 7.147E+08       | 8.976E+08    | Menentukan ! | 2.958E+06 | 7.0436           | 1.0216           |          |           |                             |                |                           |
| B         | Tepi        | Sumbu X | 60           | 1              | 1.365E+07       | 1.317E+08    | -            | 2.127E+06 | 1.0493           | 0.1522           | 0.8      | 0.0100    | 39.14                       | 8 D.25         | 39.28                     |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 1              | 2.193E+08       | 2.267E+08    | Menentukan ! | 2.127E+06 | 5.9072           | 0.8568           |          |           |                             |                |                           |
| C         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1              | 5.911E+08       | 9.347E+08    | -            | 7.021E+06 | 2.7886           | 0.4044           | 0.8      | 0.0205    | 104.98                      | 24 D.25        | 117.84                    |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 6.382E+08       | 9.565E+08    | Menentukan ! | 7.021E+06 | 14.3294          | 2.0783           |          |           |                             |                |                           |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1              | 4.772E+08       | 8.643E+08    | -            | 7.371E+06 | 2.8451           | 0.4126           | 0.8      | 0.0220    | 112.33                      | 24 D.25        | 117.84                    |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 7.189E+08       | 9.759E+08    | Menentukan ! | 7.371E+06 | 15.0437          | 2.1819           |          |           |                             |                |                           |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1              | 4.754E+08       | 8.046E+08    | -            | 4.717E+06 | 2.5286           | 0.3667           | 0.8      | 0.0135    | 70.68                       | 16 D.25        | 78.56                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 6.113E+08       | 8.673E+08    | Menentukan ! | 4.717E+06 | 9.6265           | 1.3962           |          |           |                             |                |                           |
|           | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1              | 4.736E+08       | 8.190E+08    | -            | 7.318E+06 | 2.6137           | 0.3791           |          |           |                             |                |                           |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 6.415E+08       | 8.965E+08    | Menentukan ! | 7.318E+06 | 14.9354          | 2.1662           |          |           |                             |                |                           |
| F         | Corner      | Sumbu X | 70           | 1              | 4.089E+08       | 7.032E+08    | -            | 2.327E+06 | 2.2355           | 0.3242           | 0.8      | 0.0120    | 63.33                       | 16 D.25        | 78.56                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 5.466E+08       | 7.668E+08    | Menentukan ! | 2.327E+06 | 4.7480           | 0.6886           |          |           |                             |                |                           |
|           | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1              | 4.222E+08       | 7.624E+08    | -            | 4.653E+06 | 2.5048           | 0.3633           |          |           |                             |                |                           |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 6.318E+08       | 8.591E+08    | Menentukan ! | 4.653E+06 | 9.4959           | 1.3773           |          |           |                             |                |                           |

**TABEL 8.2.3. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN AKSIAL KOLOM LANTAI MEZZANINE**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm  
 Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi (cm) | Faktor tekuk k | $M_{2s}$ (N-mm) | $M_u$ (N-mm) | Keterangan   | $P_u$ (N) | $K_x, K_y$ (MPa) | $K_x, K_y$ (Ksi) | $\gamma$ | $\rho$ perlu | As perlu (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan | As ada (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|---------|--------------|----------------|-----------------|--------------|--------------|-----------|------------------|------------------|----------|--------------|-----------------------------|----------------|---------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1              | 4.130E+08       | 7.497E+08    | -            | 5.617E+06 | 2.4714           | 0.3584           | 0.8      | 0.0160       | 82.93                       | 20 D.25        | 98.2                      |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 6.253E+08       | 8.477E+08    | Menentukan ! | 5.617E+06 | 11.4629          | 1.6625           |          |              |                             |                |                           |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1              | 3.715E+08       | 7.017E+08    | -            | 5.897E+06 | 2.3710           | 0.3439           | 0.8      | 0.0182       | 93.71                       | 20 D.25        | 98.2                      |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 6.132E+08       | 8.132E+08    | Menentukan ! | 5.897E+06 | 12.0343          | 1.7454           |          |              |                             |                |                           |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1              | 6.610E+08       | 1.057E+09    | -            | 3.011E+06 | 3.1834           | 0.4617           | 0.8      | 0.0130       | 68.23                       | 16 D.25        | 78.56                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 7.360E+08       | 1.092E+09    | Menentukan ! | 3.011E+06 | 6.1449           | 0.8912           |          |              |                             |                |                           |
|           | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1              | 6.841E+08       | 1.088E+09    | -            | 5.854E+06 | 3.2629           | 0.4732           | 0.8      | 0.0188       | 96.65                       | 20 D.25        | 98.2                      |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 7.508E+08       | 1.119E+09    | Menentukan ! | 5.854E+06 | 11.9474          | 1.7328           |          |              |                             |                |                           |
| F         | Corner      | Sumbu X | 70           | 1              | 7.690E+08       | 1.207E+09    | -            | 1.861E+06 | 3.5784           | 0.5190           | 0.8      | 0.0145       | 75.58                       | 16 D.25        | 78.56                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 8.133E+08       | 1.227E+09    | Menentukan ! | 1.861E+06 | 3.7986           | 0.5509           |          |              |                             |                |                           |
|           | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1              | 8.152E+08       | 1.149E+09    | Menentukan ! | 3.723E+06 | 3.0888           | 0.4480           | 0.8      | 0.0150       | 78.03                       | 16 D.25        | 78.56                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 6.205E+08       | 1.059E+09    | -            | 3.723E+06 | 7.5973           | 1.1019           |          |              |                             |                |                           |

**TABEL 8.2.4. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN AKSIAL KOLOM LANTAI DUA**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm

$f_y = 320 \text{ MPa}$

Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi ( cm ) | Faktor tekuk k | $M_{2s}$ ( N-mm ) | $M_u$ ( N-mm ) | Keterangan   | $P_u$ ( N ) | $K_x, K_y$ ( MPa ) | $K_x, K_y$ ( Ksi ) | $\gamma$ | $P_{perlu}$ | As perlu ( $\text{cm}^2$ ) | Pakai tulangan | As ada ( $\text{cm}^2$ ) |
|-----------|-------------|---------|----------------|----------------|-------------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|--------------------|----------|-------------|----------------------------|----------------|--------------------------|
| A         | Corner      | Sumbu X | 60             | 1              | 2.118E+08         | 4.740E+08      | -            | 4.931E+05   | 2.3204             | 0.3365             | 0.8      | 0.0200      | 88.53                      | 20 D.25        | 98.2                     |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 5.682E+08         | 6.822E+08      | Menentukan ! | 4.931E+05   | 1.1739             | 0.1703             |          |             |                            |                |                          |
|           | Tepi        | Sumbu X | 60             | 1              | 2.559E+08         | 6.184E+08      | -            | 9.861E+05   | 3.1405             | 0.4555             |          |             |                            |                |                          |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 7.855E+08         | 9.233E+08      | Menentukan ! | 9.861E+05   | 2.3479             | 0.3405             |          |             |                            |                |                          |
| B         | Tepi        | Sumbu X | 60             | 1              | 2.135E+08         | 5.063E+08      | -            | 2.457E+06   | 3.0494             | 0.4423             | 0.8      | 0.0150      | 58.53                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 5.437E+08         | 6.587E+08      | Menentukan ! | 2.457E+06   | 6.8260             | 0.9900             |          |             |                            |                |                          |
| C         | Tengah      | Sumbu X | 70             | 1              | 4.675E+08         | 8.526E+08      | -            | 4.915E+06   | 2.8190             | 0.4089             | 0.8      | 0.0180      | 92.73                      | 20 D.25        | 98.2                     |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 7.152E+08         | 9.669E+08      | Menentukan ! | 4.915E+06   | 10.0300            | 1.4547             |          |             |                            |                |                          |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 70             | 1              | 4.761E+08         | 7.977E+08      | -            | 5.160E+06   | 2.4885             | 0.3609             | 0.8      | 0.0160      | 82.93                      | 20 D.25        | 98.2                     |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 5.972E+08         | 8.536E+08      | Menentukan ! | 5.160E+06   | 10.5300            | 1.5272             |          |             |                            |                |                          |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 70             | 1              | 4.242E+08         | 7.619E+08      | -            | 2.561E+06   | 2.4945             | 0.3618             | 0.8      | 0.0120      | 63.33                      | 16 D.25        | 78.56                    |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 6.272E+08         | 8.556E+08      | Menentukan ! | 2.561E+06   | 5.2271             | 0.7581             |          |             |                            |                |                          |
|           | Tengah      | Sumbu X | 70             | 1              | 5.402E+08         | 9.027E+08      | -            | 5.123E+06   | 2.8110             | 0.4077             |          |             |                            |                |                          |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 6.733E+08         | 9.642E+08      | Menentukan ! | 5.123E+06   | 10.4543            | 1.5163             |          |             |                            |                |                          |
| F         | Corner      | Sumbu X | 70             | 1              | 4.073E+08         | 7.364E+08      | -            | 1.629E+06   | 2.4213             | 0.3512             | 0.8      | 0.0150      | 78.03                      | 16 D.25        | 78.56                    |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 6.112E+08         | 8.305E+08      | Menentukan ! | 1.629E+06   | 3.3236             | 0.4820             |          |             |                            |                |                          |
|           | Tepi        | Sumbu X | 70             | 1              | 4.448E+08         | 7.971E+08      | -            | 3.257E+06   | 2.6059             | 0.3779             |          |             |                            |                |                          |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1              | 6.543E+08         | 8.938E+08      | Menentukan ! | 3.257E+06   | 6.6471             | 0.9641             |          |             |                            |                |                          |

**TABEL 8.2.5. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN AKSIAL KOLOM LANTAI TIGA**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm  
 Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi (cm) | Faktor tekuk k | $M_{zs}$ (N-mm) | $M_u$ (N-mm) | Keterangan   | $P_u$ (N) | $K_x, K_y$ (MPa) | $K_x, K_y$ (Ksi) | $\gamma$ | $\rho$ perlu | As perlu (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan | As ada (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|---------|--------------|----------------|-----------------|--------------|--------------|-----------|------------------|------------------|----------|--------------|-----------------------------|----------------|---------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1              | 5.321E+08       | 8.886E+08    | -            | 4.213E+06 | 2.7656           | 0.4011           | 0.8      | 0.0150       | 78.03                       | 16 D.25        | 78.56                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 6.621E+08       | 9.486E+08    | Menentukan ! | 4.213E+06 | 8.5971           | 1.2469           |          |              |                             |                |                           |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1              | 4.780E+08       | 8.314E+08    | -            | 4.423E+06 | 2.6641           | 0.3864           | 0.8      | 0.0130       | 68.23                       | 16 D.25        | 78.56                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 6.564E+08       | 9.138E+08    | Menentukan ! | 4.423E+06 | 9.0257           | 1.3091           |          |              |                             |                |                           |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1              | 3.473E+08       | 6.016E+08    | -            | 1.415E+06 | 1.9219           | 0.2787           | 0.8      | 0.0105       | 55.98                       | 12 D.25        | 58.92                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 4.722E+08       | 6.592E+08    | Menentukan ! | 1.415E+06 | 2.8880           | 0.4189           |          |              |                             |                |                           |
|           | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1              | 4.936E+08       | 8.492E+08    | -            | 2.830E+06 | 2.7002           | 0.3916           | 0.8      | 0.0151       | 78.52                       | 16 D.25        | 78.56                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 6.604E+08       | 9.262E+08    | Menentukan ! | 2.830E+06 | 5.7759           | 0.8377           |          |              |                             |                |                           |
| F         | Corner      | Sumbu X | 70           | 1              | 4.078E+08       | 6.869E+08    | -            | 1.396E+06 | 2.1513           | 0.3120           | 0.8      | 0.0110       | 58.43                       | 12 D.25        | 58.92                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 5.183E+08       | 7.379E+08    | Menentukan ! | 1.396E+06 | 2.8488           | 0.4132           |          |              |                             |                |                           |
|           | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1              | 4.724E+08       | 7.569E+08    | -            | 2.792E+06 | 2.2818           | 0.3310           | 0.8      | 0.0100       | 53.53                       | 12 D.25        | 58.92                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 5.283E+08       | 7.827E+08    | Menentukan ! | 2.792E+06 | 5.6976           | 0.8264           |          |              |                             |                |                           |

**TABEL 8.2.6. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN AKSIAL KOLOM LANTAI EMPAT**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm

$f_y = 320 \text{ MPa}$

Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi (cm) | Faktor tekuk k | $M_{2s}$ (N-mm) | $M_u$ (N-mm) | Keterangan   | $P_u$ (N) | $K_x, K_y$ (MPa) | $K_x, K_y$ (Ksi) | $\gamma$ | $\rho_{perlu}$ | As perlu (cm <sup>2</sup> ) | Pakai tulangan | As ada (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|---------|--------------|----------------|-----------------|--------------|--------------|-----------|------------------|------------------|----------|----------------|-----------------------------|----------------|---------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1              | 4.207E+08       | 7.402E+08    | -            | 3.511E+06 | 2.3905           | 0.3467           | 0.8      | 0.0110         | 58.43                       | 12 D.25        | 58.92                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 5.934E+08       | 8.199E+08    | Menentukan ! | 3.511E+06 | 7.1643           | 1.0391           |          |                |                             |                |                           |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1              | 4.855E+08       | 8.196E+08    | -            | 3.686E+06 | 2.5709           | 0.3729           | 0.8      | 0.0110         | 58.43                       | 12 D.25        | 58.92                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 6.204E+08       | 8.818E+08    | Menentukan ! | 3.686E+06 | 7.5214           | 1.0909           |          |                |                             |                |                           |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1              | 3.724E+08       | 6.085E+08    | -            | 1.179E+06 | 1.8630           | 0.2702           | 0.8      | 0.0110         | 58.43                       | 12 D.25        | 58.92                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 4.385E+08       | 6.390E+08    | Menentukan ! | 1.179E+06 | 2.4066           | 0.3491           |          |                |                             |                |                           |
|           | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1              | 4.385E+08       | 7.429E+08    | -            | 2.359E+06 | 2.3365           | 0.3389           | 0.8      | 0.0102         | 54.51                       | 12 D.25        | 58.92                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 5.653E+08       | 8.014E+08    | Menentukan ! | 2.359E+06 | 4.8133           | 0.6981           |          |                |                             |                |                           |
| F         | Corner      | Sumbu X | 70           | 1              | 3.083E+08       | 5.568E+08    | -            | 1.163E+06 | 1.8295           | 0.2653           | 0.8      | 0.0110         | 58.43                       | 12 D.25        | 58.92                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 4.615E+08       | 6.275E+08    | Menentukan ! | 1.163E+06 | 2.3740           | 0.3443           |          |                |                             |                |                           |
|           | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1              | 3.082E+08       | 6.291E+08    | -            | 2.327E+06 | 2.2211           | 0.3222           | 0.8      | 0.0100         | 53.53                       | 12 D.25        | 58.92                     |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1              | 5.959E+08       | 7.619E+08    | Menentukan ! | 2.327E+06 | 4.7480           | 0.6886           |          |                |                             |                |                           |

**TABEL 8.2.7. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN AKSIAL KOLOM LANTAI LIMA**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm

$f_y = 320 \text{ MPa}$

Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi ( cm ) | Faktor tekuk k | $M_{zs}$ ( N-mm ) | $M_u$ ( N-mm ) | Keterangan   | Pu ( N )  | Kx , Ky ( MPa ) | Kx , Ky ( Ksi ) | $\gamma$ | $\rho$ perlu | As perlu ( $\text{cm}^2$ ) | Pakai tulangan | As ada ( $\text{cm}^2$ ) |
|-----------|-------------|---------|----------------|----------------|-------------------|----------------|--------------|-----------|-----------------|-----------------|----------|--------------|----------------------------|----------------|--------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 60             | 1              | 3.646E+08         | 6.397E+08      | -            | 2.808E+06 | 3.2742          | 0.4749          | 0.8      | 0.0140       | 54.93                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 5.109E+08         | 7.072E+08      | Menentukan ! | 2.808E+06 | 7.8011          | 1.1315          |          |              |                            |                |                          |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 60             | 1              | 3.855E+08         | 6.192E+08      | -            | 2.948E+06 | 2.9703          | 0.4308          | 0.8      | 0.0137       | 53.85                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 4.340E+08         | 6.416E+08      | Menentukan ! | 2.948E+06 | 8.1900          | 1.1879          |          |              |                            |                |                          |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 60             | 1              | 3.285E+08         | 5.336E+08      | -            | 9.434E+05 | 2.5823          | 0.3745          | 0.8      | 0.0150       | 58.53                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 3.809E+08         | 5.578E+08      | Menentukan ! | 9.434E+05 | 2.6206          | 0.3801          |          |              |                            |                |                          |
|           | Tengah      | Sumbu X | 60             | 1              | 3.257E+08         | 5.188E+08      | -            | 1.887E+06 | 2.4726          | 0.3586          | 0.8      | 0.0120       | 47.73                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 3.587E+08         | 5.341E+08      | Menentukan ! | 1.887E+06 | 5.2411          | 0.7602          |          |              |                            |                |                          |
| F         | Corner      | Sumbu X | 60             | 1              | 3.138E+08         | 4.868E+08      | -            | 9.311E+05 | 2.2698          | 0.3292          | 0.8      | 0.0143       | 56.01                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 3.213E+08         | 4.903E+08      | Menentukan ! | 9.311E+05 | 2.5864          | 0.3751          |          |              |                            |                |                          |
|           | Tepi        | Sumbu X | 60             | 1              | 3.933E+08         | 6.110E+08      | -            | 1.862E+06 | 2.8522          | 0.4137          | 0.8      | 0.0142       | 55.65                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 4.043E+08         | 6.161E+08      | Menentukan ! | 1.862E+06 | 5.1728          | 0.7502          |          |              |                            |                |                          |



**TABEL 8.2.8. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN AKSIAL KOLOM LANTAI ENAM**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm

$f_y = 320 \text{ MPa}$

Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi ( cm ) | Faktor tekuk k | $M_{zs}$ ( N-mm ) | $M_u$ ( N-mm ) | Keterangan   | $P_u$ ( N ) | $K_x, K_y$ ( MPa ) | $K_x, K_y$ ( Ksi ) | $\gamma$ | $P_{\text{perlu}}$ | As perlu ( $\text{cm}^2$ ) | Pakai tulangan | As ada ( $\text{cm}^2$ ) |
|-----------|-------------|---------|----------------|----------------|-------------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|--------------------|----------|--------------------|----------------------------|----------------|--------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 60             | 1              | 2.364E+08         | 4.555E+08      | -            | 2.106E+06   | 2.4731             | 0.3587             | 0.8      | 0.0100             | 40.53                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 4.069E+08         | 5.342E+08      | Menentukan ! | 2.106E+06   | 5.8508             | 0.8486             |          |                    |                            |                |                          |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 60             | 1              | 2.742E+08         | 4.914E+08      | -            | 2.211E+06   | 2.5507             | 0.3699             | 0.8      | 0.0145             | 56.73                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 4.033E+08         | 5.509E+08      | Menentukan ! | 2.211E+06   | 6.1425             | 0.8909             |          |                    |                            |                |                          |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 60             | 1              | 2.010E+08         | 4.095E+08      | -            | 7.076E+05   | 2.2937             | 0.3327             | 0.8      | 0.0150             | 58.53                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 3.872E+08         | 4.954E+08      | Menentukan ! | 7.076E+05   | 1.9654             | 0.2851             |          |                    |                            |                |                          |
| F         | Tengah      | Sumbu X | 60             | 1              | 2.687E+08         | 4.794E+08      | -            | 1.415E+06   | 2.4814             | 0.3599             | 0.8      | 0.0105             | 42.33                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 3.913E+08         | 5.360E+08      | Menentukan ! | 1.415E+06   | 3.9308             | 0.5701             |          |                    |                            |                |                          |
|           | Corner      | Sumbu X | 60             | 1              | 1.547E+08         | 3.121E+08      | -            | 6.983E+05   | 1.7389             | 0.2522             | 0.8      | 0.0100             | 40.53                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 2.923E+08         | 3.756E+08      | Menentukan ! | 6.983E+05   | 1.9398             | 0.2813             |          |                    |                            |                |                          |
|           | Tepi        | Sumbu X | 60             | 1              | 2.319E+08         | 4.136E+08      | -            | 1.397E+06   | 2.1401             | 0.3104             | 0.8      | 0.0110             | 44.13                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 60             | 1              | 3.374E+08         | 4.623E+08      | Menentukan ! | 1.397E+06   | 3.8796             | 0.5627             |          |                    |                            |                |                          |

**TABEL 8.2.9. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN AKSIAL KOLOM LANTAI TUJUH**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm

$f_y = 320 \text{ MPa}$

Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi ( cm ) | Faktor tekuk k | $M_{2s}$ ( N-mm ) | $M_u$ ( N-mm ) | Keterangan   | $P_u$ ( N ) | $K_x, K_y$ ( MPa ) | $K_x, K_y$ ( Ksi ) | $\gamma$ | $P_{\text{perlu}}$ | As perlu ( $\text{cm}^2$ ) | Pakai tulangan | As ada ( $\text{cm}^2$ ) |
|-----------|-------------|---------|----------------|----------------|-------------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|--------------------|----------|--------------------|----------------------------|----------------|--------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 50             | 1              | 1.629E+08         | 3.199E+08      | -            | 1.404E+06   | 3.0337             | 0.4400             | 0.7      | 0.0200             | 54.53                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 50             | 1              | 2.915E+08         | 3.792E+08      | Menentukan ! | 1.404E+06   | 5.6168             | 0.8146             |          |                    |                            |                |                          |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 50             | 1              | 1.325E+08         | 2.842E+08      | -            | 1.474E+06   | 2.8244             | 0.4096             | 0.7      | 0.0180             | 49.53                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 50             | 1              | 2.817E+08         | 3.530E+08      | Menentukan ! | 1.474E+06   | 5.8968             | 0.8553             |          |                    |                            |                |                          |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 50             | 1              | 1.484E+08         | 2.619E+08      | -            | 4.717E+05   | 2.3257             | 0.3373             | 0.7      | 0.0150             | 42.03                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 50             | 1              | 2.108E+08         | 2.907E+08      | Menentukan ! | 4.717E+05   | 1.8868             | 0.2737             |          |                    |                            |                |                          |
|           | Tengah      | Sumbu X | 50             | 1              | 2.010E+08         | 3.233E+08      | -            | 9.434E+05   | 2.6834             | 0.3892             | 0.7      | 0.0180             | 49.53                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 50             | 1              | 2.272E+08         | 3.354E+08      | Menentukan ! | 9.434E+05   | 3.7736             | 0.5473             |          |                    |                            |                |                          |
| F         | Corner      | Sumbu X | 50             | 1              | 1.551E+08         | 2.751E+08      | -            | 4.656E+05   | 2.4513             | 0.3555             | 0.7      | 0.0200             | 54.53                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 50             | 1              | 2.229E+08         | 3.064E+08      | Menentukan ! | 4.656E+05   | 1.8622             | 0.2701             |          |                    |                            |                |                          |
|           | Tepi        | Sumbu X | 50             | 1              | 1.787E+08         | 3.056E+08      | -            | 9.311E+05   | 2.6546             | 0.3850             | 0.7      | 0.0181             | 49.78                      | 12 D.25        | 58.92                    |
|           |             | Sumbu Y | 50             | 1              | 2.356E+08         | 3.318E+08      | Menentukan ! | 9.311E+05   | 3.7244             | 0.5402             |          |                    |                            |                |                          |

**TABEL 8.2.10. PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN AKSIAL KOLOM LANTAI DELAPAN**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm  
 Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi ( cm ) | Faktor tekuk k | $M_{25}$ ( N-mm ) | $M_u$ ( N-mm ) | Keterangan   | $P_u$ ( N ) | $K_x, K_y$ ( MPa ) | $K_x, K_y$ ( Ksi ) | $\gamma$ | $P_{\text{perlu}}$ | As perlu ( $\text{cm}^2$ ) | Pakai tulangan | As ada ( $\text{cm}^2$ ) |
|-----------|-------------|---------|----------------|----------------|-------------------|----------------|--------------|-------------|--------------------|--------------------|----------|--------------------|----------------------------|----------------|--------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 50             | 1              | 1.629E+08         | 2.660E+08      | -            | 7.021E+05   | 2.2337             | 0.3240             | 0.7      | 0.0130             | 37.03                      | 8 D.25         | 39.28                    |
|           |             | Sumbu Y | 50             | 1              | 1.915E+08         | 2.792E+08      | Menentukan ! | 7.021E+05   | 2.8084             | 0.4073             |          |                    |                            |                |                          |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 50             | 1              | 1.325E+08         | 2.196E+08      | -            | 7.371E+05   | 1.8644             | 0.2704             | 0.7      | 0.0110             | 32.03                      | 8 D.25         | 39.28                    |
|           |             | Sumbu Y | 50             | 1              | 1.617E+08         | 2.330E+08      | Menentukan ! | 7.371E+05   | 2.9484             | 0.4276             |          |                    |                            |                |                          |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 50             | 1              | 1.484E+08         | 2.296E+08      | -            | 2.359E+05   | 1.8457             | 0.2677             | 0.7      | 0.0132             | 37.53                      | 8 D.25         | 39.28                    |
|           |             | Sumbu Y | 50             | 1              | 1.508E+08         | 2.307E+08      | Menentukan ! | 2.359E+05   | 0.9434             | 0.1368             |          |                    |                            |                |                          |
|           | Tengah      | Sumbu X | 50             | 1              | 1.010E+08         | 1.695E+08      | -            | 4.717E+05   | 1.4527             | 0.2107             | 0.7      | 0.0100             | 29.53                      | 8 D.25         | 39.28                    |
|           |             | Sumbu Y | 50             | 1              | 1.272E+08         | 1.816E+08      | Menentukan ! | 4.717E+05   | 1.8868             | 0.2737             |          |                    |                            |                |                          |
| F         | Corner      | Sumbu X | 50             | 1              | 1.051E+08         | 1.928E+08      | -            | 2.328E+05   | 1.7559             | 0.2547             | 0.7      | 0.0132             | 37.53                      | 8 D.25         | 39.28                    |
|           |             | Sumbu Y | 50             | 1              | 1.629E+08         | 2.195E+08      | Menentukan ! | 2.328E+05   | 0.9311             | 0.1350             |          |                    |                            |                |                          |
|           | Tepi        | Sumbu X | 50             | 1              | 1.187E+08         | 1.917E+08      | -            | 4.656E+05   | 1.5961             | 0.2315             | 0.7      | 0.0100             | 29.53                      | 8 D.25         | 39.28                    |
|           |             | Sumbu Y | 50             | 1              | 1.356E+08         | 1.995E+08      | Menentukan ! | 4.656E+05   | 1.8622             | 0.2701             |          |                    |                            |                |                          |

**TABEL 8.3.1. CEK BIAKSIAL BENDING MOMEN KOLOM LANTAI DASAR**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm

$f_y = 320 \text{ MPa}$

Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi (cm) | Mn (N-mm) | Pn ada (N) | e/h    | $\rho$ ada | Kx, Ky (Ksi) | Kx, Ky (MPa) | Pnx, Pny (N) | Pno (N)   | Pnb (N)   | Kontrol (Pnb) terhadap (Pn) |
|-----------|-------------|---------|--------------|-----------|------------|--------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| A         | Corner      | Sumbu X | 60           | 1.218E+09 | 2.276E+06  | 0.8919 | 0.0234     | 0.4500       | 3.1026       | 4.976E+07    | 1.066E+07 | 1.916E+07 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.330E+09 | 2.276E+06  | 0.8348 |            | 0.4200       | 2.8958       | 4.644E+07    |           |           |                             |
|           | Tepi        | Sumbu X | 60           | 1.342E+09 | 4.551E+06  | 0.4914 | 0.0234     | 1.5000       | 10.3421      | 6.683E+06    | 1.066E+07 | 4.748E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.515E+09 | 4.551E+06  | 0.4756 |            | 1.4500       | 9.9974       | 6.460E+06    |           |           |                             |
| B         | Tepi        | Sumbu X | 60           | 1.651E+08 | 3.272E+06  | 0.0841 | 0.0164     | 2.2000       | 15.1685      | 8.401E+06    | 8.540E+06 | 8.636E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 1.747E+08 | 3.272E+06  | 0.0890 |            | 2.3000       | 15.8579      | 8.783E+06    |           |           |                             |
| C         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1.095E+09 | 1.080E+07  | 0.1449 | 0.0240     | 2.2500       | 15.5132      | 1.169E+07    | 1.251E+07 | 1.121E+07 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.195E+09 | 1.080E+07  | 0.1580 |            | 2.3000       | 15.8579      | 1.195E+07    |           |           |                             |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1.060E+09 | 1.134E+07  | 0.1335 | 0.0240     | 2.3000       | 15.8579      | 1.195E+07    | 1.251E+07 | 1.404E+07 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.131E+09 | 1.134E+07  | 0.1425 |            | 2.8500       | 19.6501      | 1.481E+07    |           |           |                             |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1.238E+09 | 7.257E+06  | 0.2437 | 0.0160     | 1.9000       | 13.1000      | 9.875E+06    | 1.158E+07 | 7.397E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.334E+09 | 7.257E+06  | 0.2627 |            | 1.6000       | 11.0316      | 8.316E+06    |           |           |                             |
|           | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1.037E+09 | 1.126E+07  | 0.1316 | 0.0200     | 2.8000       | 19.3053      | 1.455E+07    | 1.205E+07 | 1.675E+07 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.118E+09 | 1.126E+07  | 0.1418 |            | 2.6000       | 17.9264      | 1.351E+07    |           |           |                             |
| F         | Corner      | Sumbu X | 70           | 1.111E+09 | 3.579E+06  | 0.4434 | 0.0160     | 1.2500       | 8.6185       | 6.497E+06    | 1.158E+07 | 3.846E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.190E+09 | 3.579E+06  | 0.4749 |            | 1.0000       | 6.8948       | 5.198E+06    |           |           |                             |
|           | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1.055E+09 | 7.158E+06  | 0.2106 | 0.0160     | 1.7500       | 12.0658      | 9.096E+06    | 1.158E+07 | 7.310E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.105E+09 | 7.158E+06  | 0.2206 |            | 1.7000       | 11.7211      | 8.836E+06    |           |           |                             |

**TABEL 8.3.3. CEK BIAKSIAL BENDING MOMEN KOLOM LANTAI MEZZANINE**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm  
 Sengkang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi (cm) | Mn (N-mm) | Pn ada (N) | e/h    | P ada  | Kx, Ky (Ksi) | Kx, Ky (MPa) | Pnx, Pny (N) | Pno (N)   | Pnb (N)   | Kontrol (Pnb) terhadap (Pn) |
|-----------|-------------|---------|--------------|-----------|------------|--------|--------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1.153E+09 | 8.641E+06  | 0.1907 | 0.0200 | 2.0000       | 13.7895      | 1.040E+07    | 1.205E+07 | 8.737E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.304E+09 | 8.641E+06  | 0.2156 |        | 1.9000       | 13.1000      | 9.875E+06    |           |           |                             |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1.080E+09 | 9.072E+06  | 0.1700 | 0.0200 | 2.1000       | 14.4790      | 1.091E+07    | 1.205E+07 | 9.540E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.251E+09 | 9.072E+06  | 0.1970 |        | 2.0000       | 13.7895      | 1.040E+07    |           |           |                             |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1.627E+09 | 4.632E+06  | 0.5016 | 0.0160 | 1.3000       | 8.9632       | 6.757E+06    | 1.158E+07 | 4.638E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.680E+09 | 4.632E+06  | 0.5181 |        | 1.2500       | 8.6185       | 6.497E+06    |           |           |                             |
| F         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1.674E+09 | 9.006E+06  | 0.2656 | 0.0200 | 2.1000       | 14.4790      | 1.091E+07    | 1.205E+07 | 9.321E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.722E+09 | 9.006E+06  | 0.2731 |        | 1.9500       | 13.4448      | 1.014E+07    |           |           |                             |
|           | Corner      | Sumbu X | 70           | 1.857E+09 | 2.864E+06  | 0.9263 | 0.0160 | 0.9200       | 6.3432       | 4.782E+06    | 1.158E+07 | 2.864E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.888E+09 | 2.864E+06  | 0.9420 |        | 0.8500       | 5.8605       | 4.418E+06    |           |           |                             |
|           | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1.768E+09 | 5.727E+06  | 0.4410 | 0.0160 | 1.6000       | 11.0316      | 8.316E+06    | 1.158E+07 | 6.859E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.630E+09 | 5.727E+06  | 0.4066 |        | 1.7200       | 11.8590      | 8.940E+06    |           |           |                             |

**TABEL 8.3.4. CEK BIAKSIAL BENDING MOMEN KOLOM LANTAI DUA**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm  
 Sengkang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi (cm) | Mn (N-mm) | Pn ada (N) | e/h    | $\rho$ ada | Kx, Ky (Ksi) | Kx, Ky (MPa) | Pnx, Pny (N) | Pno (N)   | Pnb (N)   | Kontrol (Pnb) terhadap (Pn) |
|-----------|-------------|---------|--------------|-----------|------------|--------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| A         | Corner      | Sumbu X | 60           | 7.293E+08 | 7.585E+05  | 1.6024 | 0.0234     | 2.0000       | 13.7895      | 2.211E+08    | 1.066E+07 | 1.187E+07 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.050E+09 | 7.585E+05  | 1.9766 |            | 1.8000       | 12.4106      | 1.990E+08    |           |           |                             |
|           | Tepi        | Sumbu X | 60           | 9.514E+08 | 1.517E+06  | 1.0453 | 0.0234     | 2.2000       | 15.1685      | 9.801E+06    | 1.066E+07 | 8.689E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.420E+09 | 1.517E+06  | 1.3376 |            | 2.1000       | 14.4790      | 9.356E+06    |           |           |                             |
| B         | Tepi        | Sumbu X | 60           | 7.789E+08 | 3.781E+06  | 0.3434 | 0.0164     | 1.5000       | 10.3421      | 5.728E+06    | 8.540E+06 | 4.089E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 1.013E+09 | 3.781E+06  | 0.4467 |            | 1.4000       | 9.6527       | 5.346E+06    |           |           |                             |
| C         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1.312E+09 | 7.561E+06  | 0.2478 | 0.0200     | 1.9000       | 13.1000      | 9.875E+06    | 1.205E+07 | 7.990E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.488E+09 | 7.561E+06  | 0.2811 |            | 1.8000       | 12.4106      | 9.356E+06    |           |           |                             |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1.227E+09 | 7.938E+06  | 0.2209 | 0.0200     | 1.9500       | 13.4448      | 1.014E+07    | 1.205E+07 | 8.552E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.313E+09 | 7.938E+06  | 0.2363 |            | 1.9000       | 13.1000      | 9.875E+06    |           |           |                             |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1.172E+09 | 3.940E+06  | 0.4250 | 0.0160     | 1.2000       | 8.2737       | 6.237E+06    | 1.158E+07 | 4.144E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.316E+09 | 3.940E+06  | 0.4772 |            | 1.1500       | 7.9290       | 5.977E+06    |           |           |                             |
|           | Tengah      | Sumbu X | 70           | 1.389E+09 | 7.881E+06  | 0.2518 | 0.0200     | 1.8800       | 12.9621      | 9.771E+06    | 1.205E+07 | 7.922E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.483E+09 | 7.881E+06  | 0.2689 |            | 1.8000       | 12.4106      | 9.356E+06    |           |           |                             |
| F         | Corner      | Sumbu X | 70           | 1.133E+09 | 2.505E+06  | 0.6460 | 0.0160     | 0.9000       | 6.2053       | 4.678E+06    | 1.158E+07 | 2.869E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.278E+09 | 2.505E+06  | 0.7285 |            | 0.8700       | 5.9984       | 4.522E+06    |           |           |                             |
|           | Tepi        | Sumbu X | 70           | 1.226E+09 | 5.011E+06  | 0.3496 | 0.0160     | 1.4000       | 9.6527       | 7.277E+06    | 1.158E+07 | 5.023E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70           | 1.375E+09 | 5.011E+06  | 0.3920 |            | 1.3000       | 8.9632       | 6.757E+06    |           |           |                             |

**TABEL 8.3.5. CEK BIAKSIAL BENDING MOMEN KOLOM LANTAI TIGA**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm  
 Sengkang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi ( cm ) | Mn ( N-mm ) | Pn ada ( N ) | e/h    | $\rho_{ada}$ | Kx , Ky ( Ksi ) | Kx , Ky ( MPa ) | Pnx , Pny ( N ) | Pno ( N ) | Pnb ( N ) | Kontrol (Pnb) terhadap (Pn) |
|-----------|-------------|---------|----------------|-------------|--------------|--------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 70             | 1.367E+09   | 6.481E+06    | 0.3013 | 0.0160       | 1.6500          | 11.3764         | 8.576E+06       | 1.158E+07 | 6.643E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1.459E+09   | 6.481E+06    | 0.3217 |              | 1.6000          | 11.0316         | 8.316E+06       |           |           |                             |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 70             | 1.279E+09   | 6.804E+06    | 0.2686 | 0.0160       | 1.7000          | 11.7211         | 8.836E+06       | 1.158E+07 | 7.039E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1.406E+09   | 6.804E+06    | 0.2952 |              | 1.6700          | 11.5142         | 8.680E+06       |           |           |                             |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 70             | 9.255E+08   | 2.177E+06    | 0.6073 | 0.0120       | 0.8000          | 5.5158          | 4.158E+06       | 1.112E+07 | 2.415E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1.014E+09   | 2.177E+06    | 0.6655 |              | 0.7300          | 5.0332          | 3.794E+06       |           |           |                             |
| F         | Tengah      | Sumbu X | 70             | 1.306E+09   | 4.354E+06    | 0.4286 | 0.0160       | 1.4000          | 9.6527          | 7.277E+06       | 1.158E+07 | 5.023E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1.425E+09   | 4.354E+06    | 0.4675 |              | 1.3000          | 8.9632          | 6.757E+06       |           |           |                             |
|           | Corner      | Sumbu X | 70             | 1.057E+09   | 2.148E+06    | 0.7030 | 0.0120       | 0.7500          | 5.1711          | 3.898E+06       | 1.112E+07 | 2.265E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1.135E+09   | 2.148E+06    | 0.7552 |              | 0.7000          | 4.8263          | 3.638E+06       |           |           |                             |
|           | Tepi        | Sumbu X | 70             | 1.164E+09   | 4.295E+06    | 0.3873 | 0.0120       | 1.2500          | 8.6185          | 6.497E+06       | 1.112E+07 | 4.458E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1.204E+09   | 4.295E+06    | 0.4005 |              | 1.2000          | 8.2737          | 6.237E+06       |           |           |                             |

**TABEL 8.3.6. CEK BIAKSIAL BENDING MOMEN KOLOM LANTAI EMPAT**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm

$f_y = 320 \text{ MPa}$

Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi ( cm ) | Mn ( N-mm ) | Pn ada ( N ) | e/h    | $\rho$ ada | Kx , Ky ( Ksi ) | Kx , Ky ( MPa ) | Pnx , Pny ( N ) | Pno ( N ) | Pnb ( N ) | Kontrol (Pnb) terhadap (Pn) |
|-----------|-------------|---------|----------------|-------------|--------------|--------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 70             | 1.139E+09   | 5.401E+06    | 0.3012 | 0.0120     | 1.4200          | 9.7906          | 7.381E+06       | 1.112E+07 | 5.435E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1.261E+09   | 5.401E+06    | 0.3337 |            | 1.3900          | 9.5837          | 7.225E+06       |           |           |                             |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 70             | 1.261E+09   | 5.670E+06    | 0.3177 | 0.0120     | 1.5100          | 10.4111         | 7.848E+06       | 1.112E+07 | 5.908E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1.357E+09   | 5.670E+06    | 0.3418 |            | 1.4600          | 10.0663         | 7.588E+06       |           |           |                             |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 70             | 9.362E+08   | 1.814E+06    | 0.7372 | 0.0120     | 0.7800          | 5.3779          | 4.054E+06       | 1.112E+07 | 2.440E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 9.831E+08   | 1.814E+06    | 0.7741 |            | 0.7600          | 5.2400          | 3.950E+06       |           |           |                             |
| F         | Tengah      | Sumbu X | 70             | 1.143E+09   | 3.628E+06    | 0.4500 | 0.0120     | 1.1200          | 7.7221          | 5.821E+06       | 1.112E+07 | 3.697E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1.233E+09   | 3.628E+06    | 0.4854 |            | 1.0200          | 7.0327          | 5.302E+06       |           |           |                             |
|           | Corner      | Sumbu X | 70             | 8.566E+08   | 1.790E+06    | 0.6838 | 0.0120     | 0.6200          | 4.2748          | 3.223E+06       | 1.112E+07 | 1.792E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 9.654E+08   | 1.790E+06    | 0.7706 |            | 0.5700          | 3.9300          | 2.963E+06       |           |           |                             |
|           | Tepi        | Sumbu X | 70             | 9.678E+08   | 3.579E+06    | 0.3863 | 0.0120     | 1.1000          | 7.5842          | 5.717E+06       | 1.112E+07 | 3.605E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 70             | 1.172E+09   | 3.579E+06    | 0.4678 |            | 1.0000          | 6.8948          | 5.198E+06       |           |           |                             |



**TABEL 8.3.7. CEK BIAKSIAL BENDING MOMEN KOLOM LANTAI LIMA**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm

$f_y = 320 \text{ MPa}$

Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi (cm) | Mn (N-mm) | Pn ada (N) | e/h    | $\rho$ ada | Kx, Ky (Ksi) | Kx, Ky (MPa) | Pnx, Pny (N) | Pno (N)   | Pnb (N)   | Kontrol (Pnb) terhadap (Pn) |
|-----------|-------------|---------|--------------|-----------|------------|--------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 60           | 9.842E+08 | 4.321E+06  | 0.3796 | 0.0164     | 1.6000       | 11.0316      | 6.110E+06    | 8.540E+06 | 4.616E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 1.088E+09 | 4.321E+06  | 0.4197 |            | 1.5400       | 10.6179      | 5.881E+06    |           |           |                             |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 60           | 9.526E+08 | 4.536E+06  | 0.3500 | 0.0164     | 1.5800       | 10.8937      | 6.033E+06    | 8.540E+06 | 4.573E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 9.870E+08 | 4.536E+06  | 0.3627 |            | 1.5400       | 10.6179      | 5.881E+06    |           |           |                             |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 60           | 8.209E+08 | 1.451E+06  | 0.9427 | 0.0164     | 0.7500       | 5.1711       | 2.864E+06    | 8.540E+06 | 1.707E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 8.581E+08 | 1.451E+06  | 0.9854 |            | 0.7400       | 5.1021       | 2.826E+06    |           |           |                             |
|           | Tengah      | Sumbu X | 60           | 7.982E+08 | 2.903E+06  | 0.4583 | 0.0164     | 1.2200       | 8.4116       | 4.659E+06    | 8.540E+06 | 3.074E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 8.217E+08 | 2.903E+06  | 0.4718 |            | 1.1500       | 7.9290       | 4.391E+06    |           |           |                             |
| F         | Corner      | Sumbu X | 60           | 7.489E+08 | 1.432E+06  | 0.8714 | 0.0164     | 0.6800       | 4.6884       | 2.597E+06    | 8.540E+06 | 1.491E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 7.543E+08 | 1.432E+06  | 0.8776 |            | 0.6500       | 4.4816       | 2.482E+06    |           |           |                             |
|           | Tepi        | Sumbu X | 60           | 9.400E+08 | 2.865E+06  | 0.5468 | 0.0164     | 1.2000       | 8.2737       | 4.582E+06    | 8.540E+06 | 3.004E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 9.478E+08 | 2.865E+06  | 0.5514 |            | 1.1300       | 7.7911       | 4.315E+06    |           |           |                             |

**TABEL 8.3.8. CEK BIAKSIAL BENDING MOMEN KOLOM LANTAI ENAM**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm

$f_y = 320 \text{ MPa}$

Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi (cm) | Mn (N-mm) | Pn ada (N) | e/h    | $\rho$ ada | Kx, Ky (Ksi) | Kx, Ky (MPa) | Pnx, Pny (N) | Pno (N)   | Pnb (N)   | Kontrol (Pnb) terhadap (Pn) |
|-----------|-------------|---------|--------------|-----------|------------|--------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 60           | 7.008E+08 | 3.240E+06  | 0.3604 | 0.0164     | 1.3000       | 8.9632       | 4.964E+06    | 8.540E+06 | 3.305E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 8.218E+08 | 3.240E+06  | 0.4227 |            | 1.2000       | 8.2737       | 4.582E+06    |           |           |                             |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 60           | 7.559E+08 | 3.402E+06  | 0.3703 | 0.0164     | 1.3000       | 8.9632       | 4.964E+06    | 8.540E+06 | 3.442E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 8.476E+08 | 3.402E+06  | 0.4153 |            | 1.2700       | 8.7563       | 4.850E+06    |           |           |                             |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 60           | 6.300E+08 | 1.089E+06  | 0.9646 | 0.0164     | 0.6000       | 4.1369       | 2.291E+06    | 8.540E+06 | 1.297E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 7.622E+08 | 1.089E+06  | 1.1670 |            | 0.5800       | 3.9990       | 2.215E+06    |           |           |                             |
| F         | Tengah      | Sumbu X | 60           | 7.375E+08 | 2.177E+06  | 0.5646 | 0.0164     | 0.9800       | 6.7569       | 3.742E+06    | 8.540E+06 | 2.217E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 8.246E+08 | 2.177E+06  | 0.6313 |            | 0.8700       | 5.9984       | 3.322E+06    |           |           |                             |
|           | Corner      | Sumbu X | 60           | 4.801E+08 | 1.074E+06  | 0.7449 | 0.0164     | 0.5800       | 3.9990       | 2.215E+06    | 8.540E+06 | 1.193E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 5.778E+08 | 1.074E+06  | 0.8964 |            | 0.5200       | 3.5853       | 1.986E+06    |           |           |                             |
|           | Tepi        | Sumbu X | 60           | 6.363E+08 | 2.149E+06  | 0.4935 | 0.0164     | 0.9500       | 6.5500       | 3.628E+06    | 8.540E+06 | 2.176E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 60           | 7.112E+08 | 2.149E+06  | 0.5516 |            | 0.8700       | 5.9984       | 3.322E+06    |           |           |                             |

**TABEL 8.3.9. CEK BIAKSIAL BENDING MOMEN KOLOM LANTAI TUJUH**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm

$f_y = 320 \text{ MPa}$

Sengkang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi (cm) | Mn (N-mm) | Pn ada (N) | e/h    | $\rho$ ada | Kx, Ky (Ksi) | Kx, Ky (MPa) | Pnx, Pny (N) | Pno (N)   | Pnb (N)   | Kontrol (Pnb) terhadap (Pn) |
|-----------|-------------|---------|--------------|-----------|------------|--------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 50           | 4.921E+08 | 2.160E+06  | 0.4556 | 0.0236     | 1.2500       | 8.6185       | 3.315E+06    | 6.355E+06 | 2.193E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 50           | 5.834E+08 | 2.160E+06  | 0.5401 |            | 1.2100       | 8.3427       | 3.209E+06    |           |           |                             |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 50           | 4.372E+08 | 2.268E+06  | 0.3855 | 0.0236     | 1.3100       | 9.0321       | 3.474E+06    | 6.355E+06 | 2.340E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 50           | 5.431E+08 | 2.268E+06  | 0.4790 |            | 1.2700       | 8.7563       | 3.368E+06    |           |           |                             |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 50           | 4.029E+08 | 7.257E+05  | 1.1105 | 0.0236     | 0.5500       | 3.7921       | 1.459E+06    | 6.355E+06 | 7.978E+05 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 50           | 4.472E+08 | 7.257E+05  | 1.2326 |            | 0.5200       | 3.5853       | 1.379E+06    |           |           |                             |
| F         | Tengah      | Sumbu X | 50           | 4.974E+08 | 1.451E+06  | 0.6855 | 0.0236     | 0.9500       | 6.5500       | 2.519E+06    | 6.355E+06 | 1.475E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 50           | 5.160E+08 | 1.451E+06  | 0.7111 |            | 0.8600       | 5.9295       | 2.281E+06    |           |           |                             |
|           | Corner      | Sumbu X | 50           | 4.233E+08 | 7.162E+05  | 1.1819 | 0.0236     | 0.5300       | 3.6542       | 1.405E+06    | 6.355E+06 | 7.643E+05 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 50           | 4.714E+08 | 7.162E+05  | 1.3164 |            | 0.5000       | 3.4474       | 1.326E+06    |           |           |                             |
|           | Tepi        | Sumbu X | 50           | 4.701E+08 | 1.432E+06  | 0.6563 | 0.0236     | 0.9000       | 6.2053       | 2.387E+06    | 6.355E+06 | 1.439E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 50           | 5.105E+08 | 1.432E+06  | 0.7128 |            | 0.8700       | 5.9984       | 2.307E+06    |           |           |                             |

**TABEL 8.3.10. CEK BIAKSIAL BENDING MOMEN KOLOM LANTAI DELAPAN**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$

D. tul. utama = 25 mm

$f_y = 320 \text{ MPa}$

Senggang =  $\phi 12$

Decking (d) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Arah    | Dimensi (cm) | Mn (N-mm) | Pn ada (N) | e/h    | $\rho$ ada | Kx, Ky (Ksi) | Kx, Ky (MPa) | Pnx, Pny (N) | Pno (N)   | Pnb (N)   | Kontrol (Pnb) terhadap (Pn) |
|-----------|-------------|---------|--------------|-----------|------------|--------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| C         | Tengah      | Sumbu X | 50           | 4.093E+08 | 1.080E+06  | 0.7578 | 0.0157     | 0.8000       | 5.5158       | 2.121E+06    | 5.892E+06 | 1.274E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 50           | 4.296E+08 | 1.080E+06  | 0.7954 |            | 0.7800       | 5.3779       | 2.068E+06    |           |           |                             |
| D         | Tengah      | Sumbu X | 50           | 3.378E+08 | 1.134E+06  | 0.5958 | 0.0157     | 0.8400       | 5.7916       | 2.228E+06    | 5.892E+06 | 1.343E+06 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 50           | 3.585E+08 | 1.134E+06  | 0.6323 |            | 0.8100       | 5.5848       | 2.148E+06    |           |           |                             |
| E         | Tepi        | Sumbu X | 50           | 3.532E+08 | 3.628E+05  | 1.9470 | 0.0157     | 0.3000       | 2.0684       | 7.955E+05    | 5.892E+06 | 4.108E+05 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 50           | 3.549E+08 | 3.628E+05  | 1.9564 |            | 0.2800       | 1.9305       | 7.425E+05    |           |           |                             |
| F         | Tengah      | Sumbu X | 50           | 2.608E+08 | 7.257E+05  | 0.7186 | 0.0157     | 0.5100       | 3.5163       | 1.352E+06    | 5.892E+06 | 7.289E+05 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 50           | 2.794E+08 | 7.257E+05  | 0.7699 |            | 0.4700       | 3.2405       | 1.246E+06    |           |           |                             |
|           | Corner      | Sumbu X | 50           | 2.966E+08 | 3.581E+05  | 1.6567 | 0.0157     | 0.3500       | 2.4132       | 9.281E+05    | 5.892E+06 | 4.877E+05 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 50           | 3.377E+08 | 3.581E+05  | 1.8859 |            | 0.3300       | 2.2753       | 8.751E+05    |           |           |                             |
|           | Tepi        | Sumbu X | 50           | 2.949E+08 | 7.162E+05  | 0.8236 | 0.0157     | 0.5100       | 3.5163       | 1.352E+06    | 5.892E+06 | 7.197E+05 | Pnb > Pn ada ... Ok !       |
|           |             | Sumbu Y | 50           | 3.069E+08 | 7.162E+05  | 0.8571 |            | 0.4600       | 3.1716       | 1.220E+06    |           |           |                             |

**TABEL 8.4.1. PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI KOLOM LANTAI DASAR**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$

Diameter sengkang =  $\phi 12$

$x_1 = b - 2.d_c - \phi \text{ begel}$

$f_y = 320 \text{ MPa}$

$A_v \text{ ada} = 226.286 \text{ mm}^2 \text{ (dua kaki)}$

$y_1 = h - 2.d_c - \phi \text{ begel}$

Decking ( $d_c$ ) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Daerah     | Dimensi arah x, y (mm) | $x_1$ (mm) | $y_1$ (mm) | d (mm) | $N_u$ (N) | $V_u$ (N) | $T_u$ (N-mm) | $\phi \cdot V_c$ (N) | $\phi \cdot T_c$ (N-mm) | $\phi \cdot V_s$ (N) | $\phi \cdot T_s$ (N-mm) | $A_v/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_t/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_{st}/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{sech}$ (mm) | $s_{max}$ (mm) | $s_{pasang}$ (mm) | Al (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|------------|------------------------|------------|------------|--------|-----------|-----------|--------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------------|
| A         | Corner      | Tump. Lap. | 600                    | 608        | 508        | 535.5  | 1.479E+06 | 2.012E+05 | 3.181E+07    | 2.535E+05            | 4.766E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 508        | 608        | 635.5  | 1.479E+06 | 2.012E+05 | 3.181E+07    | 5.157E+05            | 4.085E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
|           | Tepi        | Tump. Lap. | 600                    | 608        | 508        | 535.5  | 2.958E+06 | 2.961E+05 | 3.360E+07    | 3.045E+05            | 4.766E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 508        | 608        | 635.5  | 2.958E+06 | 2.961E+05 | 3.360E+07    | 6.194E+05            | 4.085E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
| B         | Tepi        | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5  | 2.127E+06 | 1.711E+05 | 2.133E+07    | 2.469E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                 |
|           |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5  | 2.127E+06 | 1.711E+05 | 2.133E+07    | 4.938E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                 |
| C         | Tengah      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 7.021E+06 | 3.224E+05 | 3.442E+07    | 4.864E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 7.021E+06 | 3.224E+05 | 3.442E+07    | 9.728E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
| D         | Tengah      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 7.371E+06 | 3.283E+05 | 3.439E+07    | 4.987E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 7.371E+06 | 3.283E+05 | 3.439E+07    | 9.974E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
| E         | Tepi        | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 4.717E+06 | 3.259E+05 | 5.034E+07    | 4.057E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 4.717E+06 | 3.259E+05 | 5.034E+07    | 8.113E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
|           | Tengah      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 7.318E+06 | 4.831E+05 | 3.471E+07    | 4.968E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 7.318E+06 | 4.831E+05 | 3.471E+07    | 9.937E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
| F         | Corner      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 2.327E+06 | 2.950E+05 | 5.171E+07    | 3.219E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 2.327E+06 | 2.950E+05 | 5.171E+07    | 6.438E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
|           | Tepi        | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 4.653E+06 | 3.303E+05 | 4.415E+07    | 4.034E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 4.653E+06 | 3.303E+05 | 4.415E+07    | 8.069E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 159            | 150               | 4.526                 |

**TABEL 8.4.2. PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI KOLOM LANTAI SATU**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$       Diameter sengkang =  $\phi 12$        $x_1 = b - 2.d_c - \phi \text{ begel}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$        $A_v \text{ ada} = 226.286 \text{ mm}^2 \text{ (dua kaki)}$        $y_1 = h - 2.d_c - \phi \text{ begel}$        $\text{Decking } (d_c) = 40 \text{ mm}$

| As. Kolom | Letak Kolom | Daerah     | Dimensi arah x, y (mm) | x <sub>1</sub> (mm) | y <sub>1</sub> (mm) | d (mm)         | N <sub>u</sub> (N)     | V <sub>u</sub> (N)     | T <sub>u</sub> (N-mm)  | $\phi \cdot V_c$ (N)   | $\phi \cdot T_c$ (N-mm) | $\phi \cdot V_s$ (N)   | $\phi \cdot T_s$ (N-mm) | A <sub>v</sub> /s (mm <sup>2</sup> /mm) | A <sub>L</sub> /s (mm <sup>2</sup> /mm) | A <sub>LT</sub> /s (mm <sup>2</sup> /mm) | s <sub>perlu</sub> (mm) | s <sub>max</sub> (mm) | s <sub>pasang</sub> (mm) | A <sub>L</sub> (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|------------|------------------------|---------------------|---------------------|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| A         | Corner      | Tump. Lap. | 600<br>700             | 608<br>508          | 508<br>608          | 535.5<br>635.5 | 1.479E+06<br>1.479E+06 | 2.366E+05<br>2.366E+05 | 3.220E+07<br>3.220E+07 | 2.535E+05<br>5.157E+05 | 4.766E+07<br>4.085E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 134<br>159            | 130<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
|           |             |            | 600<br>700             | 608<br>508          | 508<br>608          | 535.5<br>635.5 | 2.958E+06<br>2.958E+06 | 2.979E+05<br>2.979E+05 | 3.360E+07<br>3.360E+07 | 3.045E+05<br>6.194E+05 | 4.766E+07<br>4.085E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 134<br>159            | 130<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
| B         | Tepi        | Tump. Lap. | 600<br>600             | 508<br>508          | 508<br>508          | 535.5<br>535.5 | 2.127E+06<br>2.127E+06 | 2.173E+05<br>2.173E+05 | 2.344E+07<br>2.344E+07 | 2.469E+05<br>4.938E+05 | 3.502E+07<br>3.502E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 134<br>134            | 130<br>130               | 4.526<br>4.526                    |
|           |             |            | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 7.021E+06<br>7.021E+06 | 3.224E+05<br>3.224E+05 | 4.432E+07<br>4.432E+07 | 4.864E+05<br>9.728E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
| C         | Tengah      | Tump. Lap. | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 7.371E+06<br>7.371E+06 | 3.385E+05<br>3.385E+05 | 5.030E+07<br>5.030E+07 | 4.987E+05<br>9.974E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
|           |             |            | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 7.371E+06<br>7.371E+06 | 4.062E+05<br>4.062E+05 | 4.570E+07<br>4.570E+07 | 4.968E+05<br>9.937E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
| D         | Tengah      | Tump. Lap. | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 7.318E+06<br>7.318E+06 | 4.062E+05<br>4.062E+05 | 4.570E+07<br>4.570E+07 | 4.968E+05<br>9.937E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
|           |             |            | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 7.318E+06<br>7.318E+06 | 4.062E+05<br>4.062E+05 | 4.570E+07<br>4.570E+07 | 4.968E+05<br>9.937E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
| E         | Tepi        | Tump. Lap. | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 4.717E+06<br>4.717E+06 | 3.659E+05<br>3.659E+05 | 4.034E+07<br>4.034E+07 | 4.057E+05<br>8.113E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
|           |             |            | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 4.717E+06<br>4.717E+06 | 3.659E+05<br>3.659E+05 | 4.034E+07<br>4.034E+07 | 4.057E+05<br>8.113E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
| F         | Tengah      | Tump. Lap. | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 7.318E+06<br>7.318E+06 | 4.062E+05<br>4.062E+05 | 4.570E+07<br>4.570E+07 | 4.968E+05<br>9.937E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
|           |             |            | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 7.318E+06<br>7.318E+06 | 4.062E+05<br>4.062E+05 | 4.570E+07<br>4.570E+07 | 4.968E+05<br>9.937E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
| F         | Corner      | Tump. Lap. | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 2.327E+06<br>2.327E+06 | 2.950E+05<br>2.950E+05 | 5.171E+07<br>5.171E+07 | 3.219E+05<br>6.438E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
|           |             |            | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 2.327E+06<br>2.327E+06 | 2.950E+05<br>2.950E+05 | 5.171E+07<br>5.171E+07 | 3.219E+05<br>6.438E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
| F         | Tepi        | Tump. Lap. | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 4.653E+06<br>4.653E+06 | 3.089E+05<br>3.089E+05 | 4.510E+07<br>4.510E+07 | 4.034E+05<br>8.069E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |
|           |             |            | 700<br>700             | 608<br>608          | 608<br>608          | 635.5<br>635.5 | 4.653E+06<br>4.653E+06 | 3.089E+05<br>3.089E+05 | 4.510E+07<br>4.510E+07 | 4.034E+05<br>8.069E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                          | 0.000<br>0.000                           | 0.000<br>0.000          | 159<br>159            | 150<br>150               | 4.526<br>4.526                    |

**TABEL 8.4.3. PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI KOLOM LANTAI MEZZANINE**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

Diameter sengkang =  $\phi 12$   
 $A_v \text{ ada} = 226.286 \text{ mm}^2$  (dua kaki)

$x_1 = b - 2.d_c - \phi \text{ begel}$   
 $y_1 = h - 2.d_c - \phi \text{ begel}$

Decking ( $d_c$ ) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Daerah     | Dimensi arah x, y (mm) | $x_1$ (mm) | $y_1$ (mm) | d (mm) | $N_u$ (N) | $V_u$ (N) | $T_u$ (N-mm) | $\phi \cdot V_c$ (N) | $\phi \cdot T_o$ (N-mm) | $\phi \cdot V_s$ (N) | $\phi \cdot T_s$ (N-mm) | $A_v/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_t/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_{vt}/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{\text{peda}}$ (mm) | $s_{\text{max}}$ (mm) | $s_{\text{pasang}}$ (mm) | Al (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|------------|------------------------|------------|------------|--------|-----------|-----------|--------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| C         | Tengah      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 5.617E+06 | 3.764E+05 | 4.130E+07    | 4.372E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                  | 159                   | 150                      | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 5.617E+06 | 3.764E+05 | 4.130E+07    | 8.744E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                  | 159                   | 150                      | 4.526                 |
| D         | Tengah      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 5.897E+06 | 3.769E+05 | 5.030E+07    | 4.470E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                  | 159                   | 150                      | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 5.897E+06 | 3.769E+05 | 5.030E+07    | 8.940E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                  | 159                   | 150                      | 4.526                 |
| E         | Tepi        | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 3.011E+06 | 3.357E+05 | 4.412E+07    | 3.459E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                  | 159                   | 150                      | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 3.011E+06 | 3.357E+05 | 4.412E+07    | 6.918E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                  | 159                   | 150                      | 4.526                 |
|           | Tengah      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 5.854E+06 | 3.782E+05 | 4.860E+07    | 4.455E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                  | 159                   | 150                      | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 5.854E+06 | 3.782E+05 | 4.860E+07    | 8.910E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                  | 159                   | 150                      | 4.526                 |
| F         | Corner      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 1.861E+06 | 2.910E+05 | 5.350E+07    | 3.056E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                  | 159                   | 150                      | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 1.861E+06 | 2.910E+05 | 5.350E+07    | 6.112E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                  | 159                   | 150                      | 4.526                 |
|           | Tepi        | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 3.723E+06 | 3.673E+05 | 5.120E+07    | 3.708E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                  | 159                   | 150                      | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 3.723E+06 | 3.673E+05 | 5.120E+07    | 7.417E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                  | 159                   | 150                      | 4.526                 |

**TABEL 8.4.4. PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI KOLOM LANTAI DUA**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$

Diameter sengkang =  $\phi 12$

$x_1 = b - 2 \cdot dc - \phi \text{ begel}$

$f_y = 320 \text{ MPa}$

$A_{vada} = 226.286 \text{ mm}^2$  (dua kaki)

$y_1 = h - 2 \cdot dc - \phi \text{ begel}$

Decking ( $dc$ ) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Daerah    | Dimensi arah x, y (mm) | $x_1$ (mm) | $y_1$ (mm) | d (mm)         | $N_u$ (N)              | $V_u$ (N)              | $T_u$ (N-mm)           | $\phi \cdot V_c$ (N)   | $\phi \cdot T_c$ (N-mm) | $\phi \cdot V_s$ (N)   | $\phi \cdot T_s$ (N-mm) | $A_v/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_t/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_{vt/s}$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{perlu}$ (mm) | $s_{maks}$ (mm) | $s_{pasang}$ (mm) | Al (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|-----------|------------------------|------------|------------|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
| A         | Corner      | Tump. Lap | 600<br>700             | 608<br>508 | 508<br>608 | 535.5<br>635.5 | 4.931E+05<br>4.931E+05 | 2.024E+05<br>2.024E+05 | 4.030E+07<br>4.030E+07 | 2.195E+05<br>4.466E+05 | 4.766E+07<br>4.085E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                   | 0.000<br>0.000   | 134<br>159      | 130<br>150        | 4.526<br>4.526        |
|           |             |           | 600<br>700             | 608<br>508 | 508<br>608 | 535.5<br>635.5 | 9.861E+05<br>9.861E+05 | 1.609E+05<br>1.609E+05 | 3.150E+07<br>3.150E+07 | 2.365E+05<br>4.812E+05 | 4.766E+07<br>4.085E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                   | 0.000<br>0.000   | 134<br>159      | 130<br>150        | 4.526<br>4.526        |
| B         | Tepi        | Tump. Lap | 600<br>600             | 508<br>508 | 508<br>508 | 535.5<br>535.5 | 2.457E+06<br>2.457E+06 | 2.430E+05<br>2.430E+05 | 2.710E+07<br>2.710E+07 | 2.583E+05<br>5.165E+05 | 3.502E+07<br>3.502E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                   | 0.000<br>0.000   | 134<br>134      | 130<br>130        | 4.526<br>4.526        |
|           |             |           | 700<br>700             | 608<br>608 | 608<br>608 | 635.5<br>635.5 | 4.915E+06<br>4.915E+06 | 4.087E+05<br>4.087E+05 | 4.550E+07<br>4.550E+07 | 4.126E+05<br>8.252E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                   | 0.000<br>0.000   | 159<br>159      | 150<br>150        | 4.526<br>4.526        |
| D         | Tengah      | Tump. Lap | 700<br>700             | 608<br>608 | 608<br>608 | 635.5<br>635.5 | 5.160E+06<br>5.160E+06 | 2.856E+05<br>2.856E+05 | 4.520E+07<br>4.520E+07 | 4.212E+05<br>8.424E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                   | 0.000<br>0.000   | 159<br>159      | 150<br>150        | 4.526<br>4.526        |
|           |             |           | 700<br>700             | 608<br>608 | 608<br>608 | 635.5<br>635.5 | 2.561E+06<br>2.561E+06 | 2.712E+05<br>2.712E+05 | 4.230E+07<br>4.230E+07 | 3.301E+05<br>6.603E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                   | 0.000<br>0.000   | 159<br>159      | 150<br>150        | 4.526<br>4.526        |
| E         | Tengah      | Tump. Lap | 700<br>700             | 608<br>608 | 608<br>608 | 635.5<br>635.5 | 5.123E+06<br>5.123E+06 | 3.490E+05<br>3.490E+05 | 4.860E+07<br>4.860E+07 | 4.199E+05<br>8.398E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                   | 0.000<br>0.000   | 159<br>159      | 150<br>150        | 4.526<br>4.526        |
|           |             |           | 700<br>700             | 608<br>608 | 608<br>608 | 635.5<br>635.5 | 1.629E+06<br>1.629E+06 | 1.338E+05<br>1.338E+05 | 4.130E+07<br>4.130E+07 | 2.975E+05<br>5.949E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                   | 0.000<br>0.000   | 159<br>159      | 150<br>150        | 4.526<br>4.526        |
| F         | Corner      | Tump. Lap | 700<br>700             | 608<br>608 | 608<br>608 | 635.5<br>635.5 | 1.629E+06<br>1.629E+06 | 1.338E+05<br>1.338E+05 | 4.130E+07<br>4.130E+07 | 2.975E+05<br>5.949E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                   | 0.000<br>0.000   | 159<br>159      | 150<br>150        | 4.526<br>4.526        |
|           |             |           | 700<br>700             | 608<br>608 | 608<br>608 | 635.5<br>635.5 | 3.257E+06<br>3.257E+06 | 3.456E+05<br>3.456E+05 | 4.500E+07<br>4.500E+07 | 3.545E+05<br>7.090E+05 | 5.560E+07<br>5.560E+07  | 0.000E+00<br>0.000E+00 | 0.000E+00<br>0.000E+00  | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                | 0.000<br>0.000                   | 0.000<br>0.000   | 159<br>159      | 150<br>150        | 4.526<br>4.526        |



**TABEL 8.4.5. PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI KOLOM LANTAI TIGA**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

Diameter sengkang =  $\phi 12$   
 $A_v \text{ ada} = 226.286 \text{ mm}^2$  (dua kaki)

$x_1 = b - 2dc - \phi \text{ begel}$   
 $y_1 = h - 2dc - \phi \text{ begel}$        $Decking (dc) = 40 \text{ mm}$

| As. Kolom | Letak Kolom | Daerah     | Dimensi arah x, y (mm) | $x_1$ (mm) | $y_1$ (mm) | d (mm) | $N_u$ (N) | $V_u$ (N) | $T_u$ (N-mm) | $\phi \cdot V_c$ (N) | $\phi \cdot T_c$ (N-mm) | $\phi \cdot V_s$ (N) | $\phi \cdot T_s$ (N-mm) | $A_v/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_l/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_{vt}/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{\text{perda}}$ (mm) | $s_{\text{max}}$ (mm) | $s_{\text{pasang}}$ (mm) | $A_l$ (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|------------|------------------------|------------|------------|--------|-----------|-----------|--------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| C         | Tengah      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 4.213E+06 | 3.017E+05 | 5.390E+07    | 3.880E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                   | 159                   | 150                      | 4.526                    |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 4.213E+06 | 3.017E+05 | 5.390E+07    | 7.760E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                   | 159                   | 150                      | 4.526                    |
| D         | Tengah      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 4.423E+06 | 2.369E+05 | 4.860E+07    | 3.954E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                   | 159                   | 150                      | 4.526                    |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 4.423E+06 | 2.369E+05 | 4.860E+07    | 7.907E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                   | 159                   | 150                      | 4.526                    |
| E         | Tepi        | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 1.415E+06 | 2.712E+05 | 4.060E+07    | 2.900E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                   | 159                   | 150                      | 4.526                    |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 1.415E+06 | 2.712E+05 | 4.060E+07    | 5.799E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                   | 159                   | 150                      | 4.526                    |
|           | Tengah      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 2.830E+06 | 3.172E+05 | 5.390E+07    | 3.396E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                   | 159                   | 150                      | 4.526                    |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 2.830E+06 | 3.172E+05 | 5.390E+07    | 5.791E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                   | 159                   | 150                      | 4.526                    |
| F         | Corner      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 1.396E+06 | 2.051E+05 | 5.220E+07    | 2.893E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                   | 159                   | 150                      | 4.526                    |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 1.396E+06 | 2.051E+05 | 5.220E+07    | 5.786E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                   | 159                   | 150                      | 4.526                    |
|           | Tepi        | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 2.792E+06 | 3.171E+05 | 4.850E+07    | 3.382E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                   | 159                   | 150                      | 4.526                    |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 2.792E+06 | 3.171E+05 | 4.850E+07    | 6.764E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000                   | 159                   | 150                      | 4.526                    |

**TABEL 8.4.6. PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI KOLOM LANTAI EMPAT**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

Diameter sengkang =  $\phi 12$   
 $A_{vada} = 226.286 \text{ mm}^2$  (dua kaki)

$x_1 = b - 2.d_c - \phi \text{ begel}$   
 $y_1 = h - 2.d_c - \phi \text{ begel}$

Decking ( $d_c$ ) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Daerah     | Dimensi arah x, y (mm) | $x_1$ (mm) | $y_1$ (mm) | d (mm) | $N_u$ (N) | $V_u$ (N) | $T_u$ (N-mm) | $\phi \cdot V_c$ (N) | $\phi \cdot T_c$ (N-mm) | $\phi \cdot V_s$ (N) | $\phi \cdot T_s$ (N-mm) | $A_v/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_t/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_{vt}/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{perlu}$ (mm) | $s_{maks}$ (mm) | $s_{pasang}$ (mm) | Al (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|------------|------------------------|------------|------------|--------|-----------|-----------|--------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
| C         | Tengah      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 3.511E+06 | 2.419E+05 | 5.230E+07    | 3.634E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 159             | 150               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 3.511E+06 | 2.419E+05 | 5.230E+07    | 7.268E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 159             | 150               | 4.526                 |
| D         | Tengah      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 3.686E+06 | 3.624E+05 | 5.330E+07    | 3.695E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 159             | 150               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 3.686E+06 | 3.624E+05 | 5.330E+07    | 7.391E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 159             | 150               | 4.526                 |
| E         | Tepi        | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 1.179E+06 | 2.346E+05 | 4.610E+07    | 2.817E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 159             | 150               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 1.179E+06 | 2.346E+05 | 4.610E+07    | 5.634E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 159             | 150               | 4.526                 |
|           | Tengah      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 2.359E+06 | 3.122E+05 | 5.010E+07    | 3.230E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 159             | 150               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 2.359E+06 | 3.122E+05 | 5.010E+07    | 6.461E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 159             | 150               | 4.526                 |
| F         | Corner      | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 1.163E+06 | 2.434E+05 | 5.330E+07    | 2.811E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 159             | 150               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 1.163E+06 | 2.434E+05 | 5.330E+07    | 5.623E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 159             | 150               | 4.526                 |
|           | Tepi        | Tump. Lap. | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 2.327E+06 | 3.007E+05 | 5.320E+07    | 3.219E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 159             | 150               | 4.526                 |
|           |             |            | 700                    | 608        | 608        | 635.5  | 2.327E+06 | 3.007E+05 | 5.320E+07    | 6.438E+05            | 5.560E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 159             | 150               | 4.526                 |

**TABEL 8.4.7. PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI KOLOM LANTAI LIMA**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

Diameter sengkang =  $\phi 12$   
 $A_v \text{ ada} = 226.286 \text{ mm}^2$  (dua kaki)

$x_1 = b - 2.d_c - \phi \text{ begel}$   
 $y_1 = h - 2.d_c - \phi \text{ begel}$        $Decking (d_c) = 40 \text{ mm}$

| As. Kolom | Letak Kolom | Daerah     | Dimensi arah x, y (mm) | $x_1$ (mm) | $y_1$ (mm) | $d$ (mm) | $N_u$ (N) | $V_u$ (N) | $T_u$ (N-mm) | $\phi \cdot V_c$ (N) | $\phi \cdot T_c$ (N-mm) | $\phi \cdot V_s$ (N) | $\phi \cdot T_s$ (N-mm) | $A_v/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_t/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_{vt}/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{perh}$ (mm) | $s_{max}$ (mm) | $s_{pasang}$ (mm) | $A_l$ (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|------------|------------------------|------------|------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------|----------------|-------------------|--------------------------|
| C         | Tengah      | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5    | 2.808E+06 | 2.006E+05 | 3.330E+07    | 2.704E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                    |
|           |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5    | 2.808E+06 | 2.006E+05 | 3.330E+07    | 5.407E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                    |
| D         | Tengah      | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5    | 2.948E+06 | 2.521E+05 | 3.450E+07    | 2.752E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                    |
|           |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5    | 2.948E+06 | 2.521E+05 | 3.450E+07    | 5.504E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                    |
| E         | Tepi        | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5    | 9.434E+05 | 2.036E+05 | 3.360E+07    | 2.061E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                    |
|           |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5    | 9.434E+05 | 2.036E+05 | 3.360E+07    | 4.122E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                    |
|           | Tengah      | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5    | 1.887E+06 | 2.266E+05 | 3.130E+07    | 2.386E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                    |
|           |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5    | 1.887E+06 | 2.266E+05 | 3.130E+07    | 4.772E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                    |
| F         | Corner      | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5    | 9.311E+05 | 1.993E+05 | 3.240E+07    | 2.057E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                    |
|           |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5    | 9.311E+05 | 1.993E+05 | 3.240E+07    | 4.114E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                    |
|           | Tepi        | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5    | 1.862E+06 | 2.117E+05 | 3.160E+07    | 2.378E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                    |
|           |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5    | 1.862E+06 | 2.117E+05 | 3.160E+07    | 4.755E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000           | 134            | 130               | 4.526                    |

TABEL 8.4.8. PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI KOLOM LANTAI ENAM

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$       Diameter sengkang =  $\phi 12$        $x_1 = b - 2dc - \phi \text{ begel}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$        $A_v \text{ ada} = 226.286 \text{ mm}^2 \text{ (dua kaki)}$        $y_1 = h - 2dc - \phi \text{ begel}$       Decking ( $dc$ ) = 40 mm

| As Kolom | Letak Kolom | Daerah     | Dimensi arah x, y (mm) | $x_1$ (mm) | $y_1$ (mm) | $\epsilon$ (mm) | $N_u$ (N) | $V_u$ (N) | $T_u$ (N-mm) | $\phi \cdot V_c$ (N) | $\phi \cdot T_c$ (N-mm) | $\phi \cdot V_s$ (N) | $\phi \cdot T_s$ (N-mm) | $A_w/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_l/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_v/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{\text{perch}}$ (mm) | $s_{\text{max}}$ (mm) | $s_{\text{pasang}}$ (mm) | Al (cm <sup>2</sup> ) |
|----------|-------------|------------|------------------------|------------|------------|-----------------|-----------|-----------|--------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| C        | Tengah      | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5           | 2.106E+06 | 2.213E+05 | 3.101E+07    | 2.462E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                   | 134                   | 130                      | 4.526                 |
|          |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5           | 2.106E+06 | 2.213E+05 | 3.101E+07    | 4.924E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                   | 134                   | 130                      | 4.526                 |
| D        | Tengah      | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5           | 2.211E+06 | 2.015E+05 | 3.122E+07    | 2.498E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                   | 134                   | 130                      | 4.526                 |
|          |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5           | 2.211E+06 | 2.015E+05 | 3.122E+07    | 4.996E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                   | 134                   | 130                      | 4.526                 |
| E        | Tepi        | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5           | 7.076E+05 | 1.504E+05 | 3.009E+07    | 1.980E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                   | 134                   | 130                      | 4.526                 |
|          |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5           | 7.076E+05 | 1.504E+05 | 3.009E+07    | 3.960E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                   | 134                   | 130                      | 4.526                 |
|          | Tengah      | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5           | 1.415E+06 | 2.011E+05 | 2.991E+07    | 2.224E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                   | 134                   | 130                      | 4.526                 |
|          |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5           | 1.415E+06 | 2.011E+05 | 2.991E+07    | 4.447E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                   | 134                   | 130                      | 4.526                 |
| F        | Corner      | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5           | 6.983E+05 | 1.715E+05 | 3.308E+07    | 1.977E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                   | 134                   | 130                      | 4.526                 |
|          |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5           | 6.983E+05 | 1.715E+05 | 3.308E+07    | 3.954E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                   | 134                   | 130                      | 4.526                 |
|          | Tepi        | Tump. Lap. | 600                    | 508        | 508        | 535.5           | 1.397E+06 | 1.904E+05 | 2.949E+07    | 2.217E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                   | 134                   | 130                      | 4.526                 |
|          |             |            | 600                    | 508        | 508        | 535.5           | 1.397E+06 | 1.904E+05 | 2.949E+07    | 4.435E+05            | 3.502E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                   | 134                   | 130                      | 4.526                 |

**TABEL 8.4.9. PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI KOLOM LANTAI TUJUH**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

Diameter sengkang =  $\phi 12$   
 $A_v \text{ ada} = 226.285 \text{ mm}^2$  (dua kaki)

$x_i = b - 2dc - \phi \text{ begel}$   
 $y_i = h - 2dc - \phi \text{ begel}$

Decking ( $dc$ ) = 40 mm

| As. Kolom | Letak Kolom | Daerah     | Dimensi arah x, y (mm) | $x_i$ (mm) | $y_i$ (mm) | d (mm) | $N_u$ (N) | $V_u$ (N) | $T_u$ (N-mm) | $\phi \cdot V_c$ (N) | $\phi \cdot T_c$ (N-mm) | $\phi \cdot V_s$ (N) | $\phi \cdot T_s$ (N-mm) | $A_v/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_t/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_{vt}/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $s_{perlu}$ (mm) | $s_{maks}$ (mm) | $s_{paksa}$ (mm) | $A_l$ (cm <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|------------|------------------------|------------|------------|--------|-----------|-----------|--------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------------|
| C         | Tengah      | Tump. Lap. | 500                    | 408        | 408        | 435.5  | 1.404E+06 | 1.318E+05 | 1.870E+07    | 1.649E+05            | 2.026E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100              | 4.526                    |
|           |             |            | 500                    | 408        | 408        | 435.5  | 1.404E+06 | 1.318E+05 | 1.870E+07    | 3.297E+05            | 2.026E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100              | 4.526                    |
| D         | Tengah      | Tump. Lap. | 500                    | 408        | 408        | 435.5  | 1.474E+06 | 1.356E+05 | 1.820E+07    | 1.572E+05            | 2.026E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100              | 4.526                    |
|           |             |            | 500                    | 408        | 408        | 435.5  | 1.474E+06 | 1.356E+05 | 1.820E+07    | 3.345E+05            | 2.026E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100              | 4.526                    |
| E         | Tepi        | Tump. Lap. | 500                    | 408        | 408        | 435.5  | 4.717E+05 | 1.163E+05 | 1.630E+07    | 1.335E+05            | 2.026E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100              | 4.526                    |
|           |             |            | 500                    | 408        | 408        | 435.5  | 4.717E+05 | 1.163E+05 | 1.630E+07    | 2.670E+05            | 2.026E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100              | 4.526                    |
| F         | Tengah      | Tump. Lap. | 500                    | 408        | 408        | 435.5  | 9.434E+05 | 1.283E+05 | 1.520E+07    | 1.494E+05            | 2.026E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100              | 4.526                    |
|           |             |            | 500                    | 408        | 408        | 435.5  | 9.434E+05 | 1.283E+05 | 1.520E+07    | 2.988E+05            | 2.026E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100              | 4.526                    |
|           | Corner      | Tump. Lap. | 500                    | 408        | 408        | 435.5  | 4.656E+05 | 1.182E+05 | 1.530E+07    | 1.333E+05            | 2.026E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100              | 4.526                    |
|           |             |            | 500                    | 408        | 408        | 435.5  | 4.656E+05 | 1.182E+05 | 1.530E+07    | 2.666E+05            | 2.026E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100              | 4.526                    |
|           | Tepi        | Tump. Lap. | 500                    | 408        | 408        | 435.5  | 9.311E+05 | 1.231E+05 | 2.001E+07    | 1.490E+05            | 2.026E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100              | 4.526                    |
|           |             |            | 500                    | 408        | 408        | 435.5  | 9.311E+05 | 1.231E+05 | 2.001E+07    | 2.979E+05            | 2.026E+07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100              | 4.526                    |

**TABEL 8.4.10. PERHITUNGAN PENULANGAN GESER DAN TORSI KOLOM LANTAI DELAPAN**

$f_c' = 29.2 \text{ MPa}$

Diameter sengkang =  $\phi 12$

$x_1 = b - 2d_c - \phi \text{ begel}$

$f_y = 320 \text{ MPa}$

$A_v \text{ ada} = 225.286 \text{ mm}^2 \text{ (dua kaki)}$

$y_1 = h - 2d_c - \phi \text{ begel}$

Decking ( $d_c$ ) = 40 mm

| As Kolom | Letak Kolom | Daerah     | Dimensi arah x, y (mm) | $x_1$ (mm) | $y_1$ (mm) | $d$ (mm) | $N_u$ (N) | $V_u$ (N) | $T_u$ (N-mm) | $\phi \cdot V_c$ (N) | $\phi \cdot T_c$ (N-mm) | $\phi \cdot V_s$ (N) | $\phi \cdot T_s$ (N-mm) | $A_v/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_t/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $A_{vt}/s$ (mm <sup>2</sup> /mm) | $S_{perlu}$ (mm) | $S_{maks}$ (mm) | $S_{pasang}$ (mm) | AI (cm <sup>2</sup> ) |
|----------|-------------|------------|------------------------|------------|------------|----------|-----------|-----------|--------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
| C        | Tengah      | Tump. Lap. | 500                    | 408        | 408        | 435.5    | 7.021E+05 | 1.118E+05 | 1.550E+07    | 1.413E+05            | 2.026E-07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100               | 4.526                 |
|          |             |            | 500                    | 408        | 408        | 435.5    | 7.021E+05 | 1.118E+05 | 1.550E+07    | 2.825E+05            | 2.026E-07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100               | 4.526                 |
| D        | Tengah      | Tump. Lap. | 500                    | 408        | 408        | 435.5    | 7.371E+05 | 1.136E+05 | 1.513E+07    | 1.424E+05            | 2.026E-07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100               | 4.526                 |
|          |             |            | 500                    | 408        | 408        | 435.5    | 7.371E+05 | 1.136E+05 | 1.513E+07    | 2.849E+05            | 2.026E-07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100               | 4.526                 |
| E        | Tepi        | Tump. Lap. | 500                    | 408        | 408        | 435.5    | 2.359E+05 | 1.213E+05 | 1.630E+07    | 1.256E+05            | 2.026E-07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100               | 4.526                 |
|          |             |            | 500                    | 408        | 408        | 435.5    | 2.359E+05 | 1.213E+05 | 1.630E+07    | 2.512E+05            | 2.026E-07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100               | 4.526                 |
|          | Tengah      | Tump. Lap. | 500                    | 408        | 408        | 435.5    | 4.717E+05 | 1.028E+05 | 1.320E+07    | 1.335E+05            | 2.026E-07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100               | 4.526                 |
|          |             |            | 500                    | 408        | 408        | 435.5    | 4.717E+05 | 1.028E+05 | 1.320E+07    | 2.570E+05            | 2.026E-07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100               | 4.526                 |
| F        | Corner      | Tump. Lap. | 500                    | 408        | 408        | 435.5    | 2.328E+05 | 1.050E+05 | 1.640E+07    | 1.255E+05            | 2.026E-07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100               | 4.526                 |
|          |             |            | 500                    | 408        | 408        | 435.5    | 2.328E+05 | 1.050E+05 | 1.640E+07    | 2.510E+05            | 2.026E-07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100               | 4.526                 |
|          | Tepi        | Tump. Lap. | 500                    | 408        | 408        | 435.5    | 4.656E+05 | 1.181E+05 | 1.721E+07    | 1.333E+05            | 2.026E-07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100               | 4.526                 |
|          |             |            | 500                    | 408        | 408        | 435.5    | 4.656E+05 | 1.181E+05 | 1.721E+07    | 2.666E+05            | 2.026E-07               | 0.000E+00            | 0.000E+00               | 0.000                         | 0.000                         | 0.000                            | 0.000            | 109             | 100               | 4.526                 |

**TABEL 8.5. KONTROL KEKUATAN DINDING GESER**
 $f_c' = 29,2 \text{ MPa}$ 
 $D. \text{ tulangan utama} = D.16$ 
 $\phi = 0,7$ 
 $\rho_{h \text{ min}} = 0,0025$ 
 $f_y = 320 \text{ MPa}$ 
 $k = 0,8$ 
 $\rho_{v \text{ min}} = 0,0025$ 

| Dinding Geser    | Letak pada daerah ujung | h (tebal) (mm) | L <sub>w</sub> (lebar) (mm) | h <sub>w</sub> (tinggi) (mm) | P <sub>u</sub> (kN) | M <sub>u</sub> (kN-m) | V <sub>u</sub> (kN) | V <sub>n</sub> beton (kN) | Cek V <sub>u</sub> /φ terhadap V <sub>n</sub> beton | φ P <sub>nw</sub> (kN) | Cek φ P <sub>nw</sub> terhadap P <sub>u</sub> | Panjang daerah ujung (m) |
|------------------|-------------------------|----------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------|
| As. A            | Dalam                   | 300            | 4000                        | 16000                        | 330.99              | 27.01                 | 78.54               | 4322.962                  | < V <sub>n</sub> beton ... Ok !                     | 11991.47               | > P <sub>u</sub> ... Ok !                     | 8.000                    |
|                  | Luar                    | 300            | 4000                        | 16000                        | 330.99              | 27.01                 | 78.54               | 4322.962                  | < V <sub>n</sub> beton ... Ok !                     | 11991.47               | > P <sub>u</sub> ... Ok !                     | 8.000                    |
| Antara As. E - F | Dalam                   | 300            | 2500                        | 40000                        | 1032.10             | 263.37                | 25.56               | 2701.851                  | < V <sub>n</sub> beton ... Ok !                     | 8065.55                | > P <sub>u</sub> ... Ok !                     | 6.667                    |
|                  | Luar                    | 300            | 2500                        | 40000                        | 1032.10             | 263.37                | 25.56               | 2701.851                  | < V <sub>n</sub> beton ... Ok !                     | 8065.55                | > P <sub>u</sub> ... Ok !                     | 6.667                    |
| As. F            | Dalam                   | 300            | 2500                        | 40000                        | 1038.70             | 267.15                | 57.59               | 2701.851                  | < V <sub>n</sub> beton ... Ok !                     | 8065.55                | > P <sub>u</sub> ... Ok !                     | 6.667                    |
|                  | Luar                    | 300            | 2500                        | 40000                        | 1038.70             | 267.15                | 57.59               | 2701.851                  | < V <sub>n</sub> beton ... Ok !                     | 8065.55                | > P <sub>u</sub> ... Ok !                     | 6.667                    |
| As. 1 & As. 8    | Dalam                   | 300            | 8000                        | 40000                        | 1748.20             | 407.39                | 83.47               | 8645.924                  | < V <sub>n</sub> beton ... Ok !                     | 14989.33               | > P <sub>u</sub> ... Ok !                     | 16.000                   |
|                  | Luar                    | 300            | 8000                        | 40000                        | 1748.20             | 407.39                | 83.47               | 8645.924                  | < V <sub>n</sub> beton ... Ok !                     | 14989.33               | > P <sub>u</sub> ... Ok !                     | 16.000                   |
| As. 2 & As. 3    | Dalam                   | 300            | 6000                        | 40000                        | 1049.80             | 354.28                | 51.38               | 6484.443                  | < V <sub>n</sub> beton ... Ok !                     | 15176.70               | > P <sub>u</sub> ... Ok !                     | 12.000                   |
|                  | Luar                    | 300            | 6000                        | 40000                        | 1049.80             | 354.28                | 51.38               | 6484.443                  | < V <sub>n</sub> beton ... Ok !                     | 15176.70               | > P <sub>u</sub> ... Ok !                     | 12.000                   |
| As. 6 & As. 7    | Dalam                   | 300            | 6000                        | 40000                        | 1049.80             | 354.28                | 51.39               | 6484.443                  | < V <sub>n</sub> beton ... Ok !                     | 15176.70               | > P <sub>u</sub> ... Ok !                     | 12.000                   |
|                  | Luar                    | 300            | 6000                        | 40000                        | 1049.80             | 354.28                | 51.39               | 6484.443                  | < V <sub>n</sub> beton ... Ok !                     | 15176.70               | > P <sub>u</sub> ... Ok !                     | 12.000                   |

**TABEL 8.6. PERHITUNGAN TULANGAN GESER HORIZONTAL DAN VERTIKAL DINDING GESER**

$f_c' = 29,2 \text{ MPa}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$

D. tulangan utama = D.16

$\phi = 0,7$   
 $k = 0,8$

$\rho_{h \text{ min}} = 0,0025$   
 $\rho_{v \text{ min}} = 0,0025$

| Dinding Geser    | Letak pada daerah ujung | Pu (kN) | Mu (kN-m) | Vu (kN) | $\phi V_{c1}$ (kN) | $\phi V_{c2}$ (kN) | $\phi V_c$ pakai (kN) | Cek $\phi V_c$ terhadap Vu           | $A_{vh \text{ min}}$ (mm <sup>2</sup> ) | Spasi tulangan (mm) | $S_{2 \text{ max}}$ (mm) | Tulangan Horizontal | $A_{vv \text{ min}}$ (mm <sup>2</sup> ) | Spasi tulangan (mm) | $S_{1 \text{ max}}$ (mm) | Tulangan Vertikal |
|------------------|-------------------------|---------|-----------|---------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|
| As. A            | Dalam                   | 330.99  | 27.01     | 78.54   | 817.852            | -672.912           | 817.852               | > Vu ... Tul. geser horizontal min ! | 12000                                   | 268                 | 200                      | D.16 - 200          | 3000                                    | 268                 | 200                      | D.16 - 200        |
|                  |                         | 330.99  | 27.01     | 78.54   | 817.852            | -672.912           | 817.852               | > Vu ... Tul. geser horizontal min ! | 12000                                   | 268                 | 450                      | D.16 - 250          | 3000                                    | 268                 | 300                      | D.16 - 250        |
| Antara As. E - F | Dalam                   | 1032.10 | 263.37    | 25.56   | 610.185            | 178.351            | 178.351               | > Vu ... Tul. geser horizontal min ! | 30000                                   | 268                 | 200                      | D.16 - 200          | 1875                                    | 268                 | 200                      | D.16 - 200        |
|                  |                         | 1032.10 | 263.37    | 25.56   | 610.185            | 178.351            | 178.351               | > Vu ... Tul. geser horizontal min ! | 30000                                   | 268                 | 450                      | D.16 - 250          | 1875                                    | 268                 | 300                      | D.16 - 250        |
| As. F            | Dalam                   | 1038.70 | 267.15    | 57.59   | 610.977            | 314.326            | 314.326               | > Vu ... Tul. geser horizontal min ! | 30000                                   | 268                 | 200                      | D.16 - 200          | 1875                                    | 268                 | 200                      | D.16 - 200        |
|                  |                         | 1038.70 | 267.15    | 57.59   | 610.977            | 314.326            | 314.326               | > Vu ... Tul. geser horizontal min ! | 30000                                   | 268                 | 450                      | D.16 - 250          | 1875                                    | 268                 | 300                      | D.16 - 250        |
| As. 1 & As. 8    | Dalam                   | 1748.20 | 407.39    | 83.47   | 1766.050           | 7490.018           | 1766.050              | > Vu ... Tul. geser horizontal min ! | 30000                                   | 268                 | 200                      | D.16 - 200          | 6000                                    | 268                 | 200                      | D.16 - 200        |
|                  |                         | 1748.20 | 407.39    | 83.47   | 1766.050           | 7490.018           | 1766.050              | > Vu ... Tul. geser horizontal min ! | 30000                                   | 268                 | 450                      | D.16 - 250          | 6000                                    | 268                 | 300                      | D.16 - 250        |
| As. 2 & As. 3    | Dalam                   | 1049.80 | 354.28    | 51.38   | 1293.176           | 1107.954           | 1107.954              | > Vu ... Tul. geser horizontal min ! | 30000                                   | 268                 | 200                      | D.16 - 200          | 4500                                    | 268                 | 200                      | D.16 - 200        |
|                  |                         | 1049.80 | 354.28    | 51.38   | 1293.176           | 1107.954           | 1107.954              | > Vu ... Tul. geser horizontal min ! | 30000                                   | 268                 | 450                      | D.16 - 250          | 4500                                    | 268                 | 300                      | D.16 - 250        |
| As. 6 & As. 7    | Dalam                   | 1049.80 | 354.28    | 51.39   | 1293.176           | 1107.984           | 1107.984              | > Vu ... Tul. geser horizontal min ! | 30000                                   | 268                 | 200                      | D.16 - 200          | 4500                                    | 268                 | 200                      | D.16 - 200        |
|                  |                         | 1049.80 | 354.28    | 51.39   | 1293.176           | 1107.984           | 1107.984              | > Vu ... Tul. geser horizontal min ! | 30000                                   | 268                 | 450                      | D.16 - 250          | 4500                                    | 268                 | 300                      | D.16 - 250        |