

Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat untuk menambah wawasan pengetahuan pembaca.

Surabaya, Maret 1998

TOTOK HASTO WIBOWO  
( 3192 100 051 )

## BAB II

### DASAR-DASAR PERENCANAAN

#### 2.1. DATA-DATA PERENCANAAN

##### 2.1.1. Data Umum Perencanaan

Desain gedung pada tugas akhir ini adalah bangunan berlantai 8 dengan struktur atas terdiri dari beton bertulang dengan unsur-unsur struktur : pelat atap dan lantai, balok anak, tangga dan portal yang terdiri dari balok induk dan kolom. Sedangkan struktur bawah terdiri dari tie beam, pile cap(poer), dan tiang pancang.

Untuk menganalisa struktur ini terhadap gempa, dilakukan analisa sesuai dengan Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung tahun 1983 (PPTGIUG'83), juga dengan menganggap lantai mempunyai perilaku seperti diafragma, yaitu mempunyai kekakuan dalam arah lateral, sehingga seluruh portal akan mengalami perpindahan lantai yang sama besarnya untuk portal tiap-tiap lantai.

Pada setiap perencanaan struktur, data yang harus didapatkan untuk perencanaan awal yaitu data bangunan dan data tanah.

### 2.1.2. Data Teknis Bangunan

Data bangunan yang akan didesain dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

Nama gedung : MUTIARA HOTEL

Lokasi : Jl. Malioboro, Jogjakarta

Jumlah lantai : 8 lantai

Fungsi gedung : Kamar tidur hotel

Gedung ini direncanakan menggunakan struktur beton bertulang untuk perencanaan struktur plat, tangga, balok anak, balok induk, dan kolom.

Perencanaan struktur bawah yang merupakan pondasi digunakan tiang pancang sebagai alternatif dalam mendesain.

### 2.1.3. Data Tanah

Data tanah yang diambil dengan tujuan untuk merencanakan pondasi dari gedung tersebut. Dengan mengetahui daya dukung tanah dan kondisinya serta beban yang akan bekerja pada gedung tersebut maka bisa direncanakan bentuk dari pondasi.

Dari data tanah yang ada menunjukkan bahwa gedung tersebut berdiri diatas tanah lunak, dan berada pada zone gempa 3 dari wilayah gempa untuk Indonesia ( PPTGIUG' 83 ).

## 2.2. PENYEDERHANAAN STRUKTUR

Adapun beberapa penyederhanaan struktur didalam tugas akhir ini antara lain :

- ♦ Plat dianggap sebagai diagfragma yang sangat kaku untuk mendistribusikan beban gempa kepada kolom portal.
- ♦ Plat memikul beban vertikal dalam arah memanjang dan melintang.

- ♦ Balok anak hanyalah bersifat membebani struktur utama yang berupa beban terpusat, akan tetapi tidak mempengaruhi perilaku struktur utama.
- ♦ Pada perencanaan pondasi, kami sebagai penulis merencanakan pondasi tiang pancang dengan tiang pancang yang sudah ada dipasaran.

### 2.3. PERATURAN-PERATURAN YANG DIPAKAI

Didalam penyusunan tugas akhir ini, kami memakai pedoman dari beberapa peraturan yang ada antara lain meliputi :

1. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983.
2. Draft Konsensus Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1989 (PB'89).
3. Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung tahun 1983 ( PPTGIUG' 83 ).
4. SKSNI T15 - 1991 - 03.
5. Peraturan Perencanaan Untuk Struktur beton Bertulang dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983.

### 2.4. PEMBEBANAN

Jenis pembebanan yang harus diperhitungkan dalam perencanaan gedung ini adalah :

#### 2.4.1. Beban Grafitasi

##### a. Beban mati ( PPI'83 pasal 2.1 )

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

Penentuan besar beban mati diambil sesuai dengan tabel 2.1 PPI'83.

**b. Beban hidup ( PPI'83 pasal 3.1 & 3.2 )**

Mencakup beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung, termasuk beban-beban lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat bergerak. Penentuan besar beban hidup diambil sesuai dengan tabel 3.1 PPI'83.

**2.4.2. Beban Angin ( PPI'83 Bab IV )**

Untuk struktur bangunan ini, beban angin tidak terlalu menentukan dibandingkan dengan beban gempa.

**2.4.3. Beban Gempa**

Perencanaandan perhitungan struktur terhadap beban gempa dilakukan berdasarkan PPTGIUG-83 zone gempa 3, yang berlaku untuk daerah Jogjakarta.

**2.5. ANALISA STRUKTUR DAN METODE PERENCANAAN**

Untuk analisa struktur pada gedung ini serta metode penyelesaiannya adalah sebagai berikut :

♦ **Perhitungan gaya dalam tangga**

Tangga dan bordes dalam hal ini merupakan sistim plat. Anak tangga hanya dianggap sebagai beban dan tidak menyumbangkan nilai kekakuan. Dalam perhitungan tebal plat diambil sebagai tebal ekivalen plat tangga dan tebal anak tangga. Gaya-gaya dalam pada tangga dianalisa dengan bantuan software SAP 90 dimana struktur tangga dan bordes dimodelkan sebagai frame.

♦ **Perhitungan gaya dalam plat**

Pada perhitungan gaya-gaya dalam plat lantai dan plat atap yang berbentuk persegi digunakan koefisien momen dari PBI-71 pasal 13.3 dan tabel 13.3.2.

♦ **Perhitungan gaya dalam struktur utama**

Untuk mendapatkan gaya-gaya dalam analisa dilakukan dengan bantuan paket program SAP 90, dengan memodelkan struktur sebagai rangka ruang 3 dimensi (*open space frame*). Untuk mendistribusikan gaya geser akibat gempa, maka plat lantai dianggap sebagai *rigid floor diafragma*. Untuk permodelan dengan cara ini maka massa dari tiap-tiap lantai dapat diasumsikan terpusat pada salah 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.

♦ **Perhitungan penulangan**

Tata cara penulangan yang diterapkan pada elemen plat, balok, kolom didasarkan atas peraturan yang tertera dalam SKSNI T - 15 1991 03.

♦ **Perhitungan pondasi**

Pada tugas akhir ini pondasi yang direncanakan adalah menggunakan tiang pancang.

## 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 dikenakan spectrum percepatan respons gempa rencana yang dihitung menurut diagram koefisien gempa dasar C untuk wilayah gempa 3 dengan struktur diatas tanah lunak.

### 2.6.1. Tinjauan 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 terjadi suatu keruntuhan gedung.

Hal ini dapat tercapai 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 maksimum ( $\Delta u$ ) dan simpangan pada saat leleh awal ( $\Delta y$ ) yang disebut sebagai faktor daktilitas ( $\mu$ ).

$$\mu = \frac{\Delta u}{\Delta y}$$

dimana :

- $\Delta u$  = defleksi maksimum lateral pada daerah elastoplastis.
- $\Delta y$  = defleksi lateral saat leleh pertama terjadi.

### 2.6.2. Prinsip Pemencaran Energi.

Bila 'gempa kuat rancang' yang mungkin terjadi pada unsur bangunan direncanakan membebani struktur, maka struktur dirancang untuk dapat bertahan dengan tingkat kerusakan yang besar tanpa runtuh. Gempa kuat rancang dalam PPTGIUG '83 direncanakan untuk periode ulang 200 tahun dan diisyaratkan bahwa suatu struktur gedung hendaknya mempunyai kemampuan untuk menyimpang paling sedikit 4 kali dari simpangan pada saat leleh pertama. Jadi besarnya daktilitas

simpangan (displacement ductility) yang tersedia didalam struktur minimum sebesar 4. Ini berarti bahwa akibat gempa kuat dengan periode ulang 200 tahun, struktur harus mampu untuk tidak runtuh.

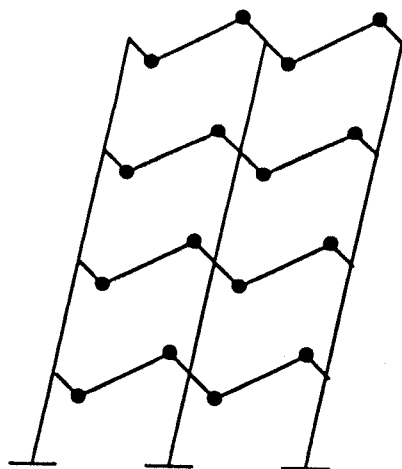
Dalam hal ini struktur tersebut harus mampu mengalami perubahan elastoplastis total sebesar 4 kali simpangan pada batas elastisnya, yaitu pada saat terbentuknya sendi plastis yang pertama. Perilaku struktur yang memuaskan setelah melampaui batas elastis harus menjamin dengan baik. Oleh karena itu mekanisme sendi plastis harus diatur terjadinya, dengan cara dimana dikehendaki terjadi sendi plastis maka kekuatan unsur-unsur yang berbatasan dengannya harus ditingkatkan. Agar kondisi keruntuhan yang memuaskan dapat tercapai, maka mekanisme keruntuhan harus selalu diusahakan berbentuk mekanisme dengan pelelehan pada balok-baloknya dan bukan pada kolom-kolomnya. Tipe-tipe keruntuhan yang mungkin terjadi pada struktur ditunjukkan pada gambar 2.1 dan 2.2.

Guna menjamin terjadinya mekanisme runtuh dengan pembentukan sendi plastis pada balok, konsep desain kapasitas diterapkan untuk merencanakan agar kolom-kolom lebih kuat dari balok-balok portal. Keruntuhan geser pada balok yang bersifat getas juga diusahakan agar tidak terjadi lebih dulu dari kegagalan akibat beban lentur pada sendi-sendi plastis balok setelah mengalami rotasi plastis yang cukup besar.

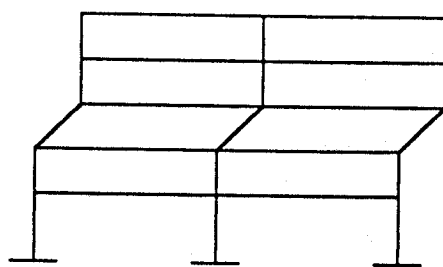
Pada prinsipnya, dengan konsep desain kapasitas elemen-elemen utama penahan beban gempa dapat dipilih, direncanakan dan didetail sedemikian rupa, sehingga mampu memencarkan energi gempa dengan deformasi energi inelastis yang cukup besar tanpa runtuh. Sedangkan elemen-elemen lainnya diberikan kekuatan yang cukup, sehingga mekanisme yang dipilih dapat dipertahankan pada saat terjadi gempa kuat.

Mekanisme runtuh yang sesuai dengan konsep ini adalah *beam sideway mechanism*. Pada mekanisme ini pemencaran energi gempa terjadi didalam banyak unsur. Sendi-sendi plastis pada balok tidak menyebabkan keruntuhan.





Gambar 2.1. Mekanisme goyang dengan pembentukan sendi plastis dalam balok( Beam sideway mechanism )



Gambar 2.2. Mekanisme goyang dengan pembentukan sendi plastis dalam kolom

### 2.6.3. Tingkatan Daktilitas

Tingkat daktilitas adalah tingkatan dari daktilitas yang dirancang untuk suatu struktur beton. Dalam ketentuan yang diterapkan SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.14.1, tingkatan daktilitas suatu struktur beton dibagi dalam tiga kelas, yaitu :

#### 1. Tingkat Daktilitas 1 ( elastis ).

Pada tingkat daktilitas ini, struktur sepenuhnya elastis. Beban rancang lateral dasar yang ditetapkan dalam PPTGIUG-83 harus diperhitungkan dengan faktor type struktur ( faktor K ) sebesar 4, sehingga apabila pengaruh beban gempa terhadap struktur dominan, maka dimensi dari komponen-komponen struktur akan besar.

#### 2. Tingkat Daktilitas 2 ( Daktilitas Terbatas ).

Beban rancang lateral dasar yang ditetapkan dalam PPTGIUG-83 harus dikalikan dengan faktor type struktur ( faktor K ) minimum 2. Perencanaan dengan daktilitas 2 ini disebut juga sebagai perencanaan dengan daktilitas terbatas ( *limited Ductility* ).

#### 3. Tingkat Daktilitas 3 ( Daktilitas Penuh ).

Beban rancang lateral dasar yang ditetapkan dalam PPTGIUG-83 harus dikalikan dengan faktor type struktur ( faktor K ) minimum 1. Perencanaan dengan tingkat daktilitas ini disebut juga dengan perencanaan dengan daktilitas penuh ( *Full Ductility* ). Perencanaan dengan metode daktilitas penuh memerlukan prosedur desain yang kompleks dan rumit, yaitu dengan menggunakan prosedur perencanaan kapasitas desain ( *Design Capacity* ).

## 2.7. LANGKAH-LANGKAH PERENCANAAN STRUKTUR DENGAN DAKTILITAS PENUH

### 2.7.1. Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Lentur

Kuat lentur perlu balok portal yang dinyatakan dengan  $M_{u,b}$  harus ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan tanpa atau dengan beban gempa, sebagai berikut :

$$M_{u,b} = 1,2 M_{d,b} + 1,6 M_{l,b} \quad (\text{SKSNI 3.2.1})$$

$$M_{u,b} = 1,05 ( M_{d,b} + M_{l,b} \pm M_{e,b} ) \quad (\text{SKSNI 3.2.4a})$$

$$M_{u,b} = 0,9 M_{d,b} \pm M_{e,b} \quad (\text{SKSNI 3.2.4b})$$

dengan :

$M_{d,b}$  = Momen lentur balok portal akibat beban mati tak berfaktor.

$M_{l,b}$  = Momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor dengan memperhitungkan reduksinya sehubungan dengan peluang terjadinya pada lantai tingkat yang ditinjau, sesuai dengan "Tata Cara Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung 1987, SNI 1727-1989 F".

$M_{e,b}$  = Momen lentur balok portal akibat beban gempa tak berfaktor.

Dalam metode desain kapasitas ini perlu dihitung kapasitas lentur sendi plastis balok setelah dilakukan penulangan lenturnya. Guna memperhitungkan adanya kemungkinan peningkatan kuat lentur penampang balok didaerah sendi plastis, SKSNI T-15-1991-03 menetapkan :

$$M_{kap,b} = \phi \cdot M_{nak,b}$$

dengan :

$M_{kap,b}$  =Kapasitas lentur aktual balok pada pusat pertemuan balok dengan kolom dengan memperhitungkan luas tulangan yang sebenarnya terpasang.

$M_{nak,b}$  =Kuat lentur nominal balok berdasarkan luas tulangan sebenarnya terpasang.

$\phi$  =Faktor penambahan kekuatan (*Overstrength factor*) yang ditetapkan sebesar :

1,25 untuk  $F_y < 400$  MPa

1,40 untuk  $F_y > 400$  MPa

$F_y$  = Kuat leleh tulangan lentur balok.

### 2.7.2. Perencanaan Balok Portal terhadap Beban Geser

Sesuai dengan konsep desain kapasitas, kuat geser balok portal yang dibebani oleh beban grafitasi sepanjang bentangnya harus dihitung dalam kondisi terjadi sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok portal tersebut, dengan tanda yang berlawanan (positif dan negatif).

Kuat geser rencana :

$$V_{u,b} = 0,7 \frac{M_{kap} + M'_{kap}}{l_n} + 1,05 V_g$$

Tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,b} = 1,07 \left( V_{D,b} + V_{l,b} + \frac{4,0}{K} V_{g,b} \right)$$

dengan :

$M_{kap}$  = Momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada salah satu ujung balok atau bidang muka kolom.

$M'_{kap}$  = Momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang sebenarnya terpasang pada ujung balok atau bidang muka kolom yang lain.

$l_n$  = Bentang bersih balok.

$V_{D,b}$  = Gaya geser balok akibat beban mati.

$V_{l,b}$  = Gaya geser balok akibat beban hidup.

$V_{g,b}$  = Gaya geser balok akibat beban gempa.

$K$  = Faktor jenis struktur ( $K > 1,0$ ).

### 2.7.3. Perencanaan kolom Portal Terhadap Beban Lentur dan Aksial

Akibat pengaruh beban dinamis ini banyak kemungkinan terjadinya sendi plastis pada ujung-ujung kolom diatas lantai dasar. Untuk mencegah terjadinya sendi plastis ini, SKSNI T-15-1991-03 menentukan penggunaan koefisien pembesar dinamis ( $\omega_d$ ), sehingga momen rencana balok menjadi :

$$\begin{aligned}\Sigma M_{u,k} &= 0,7 \omega_d \Sigma M_{kap,b} \\ &\text{atau} \\ M_{u,k} &= 0,7 \omega_d \alpha_k (M_{kap,ki} + M_{kap,ka})\end{aligned}$$

Tetapi dalam segala hal tak perlu lebih besar dari :

$$\Sigma M_{u,k} = 1,05 \left( M_{D,k} + M_{l,k} + \frac{4,0}{K} M_{e,k} \right)$$

dengan :

$\omega_d$  =Faktor pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan, diambil = 1,3

$\alpha_k$  =Faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau sesuai dengan kekakuan relatif kolom atas dan kolom bawah.

$\Sigma M_{kap,b} = M_{kap,ki} + M_{kap,ka}$

$M_{kap,ki}$  =Momen kapasitas lentur balok di sebelah kiri bidang muka kolom.

$M_{kap,ka}$  =Momen kapasitas lentur balok disebelah kanan bidang muka kolom.

$M_{D,k}$  =Momen pada kolom akibat beban mati.

$M_{l,k}$  =Momen pada kolom akibat beban hidup.

$M_{e,k}$  =Momen pada kolom akibat beban gempa.

$K$  =Faktor jenis struktur ( $K > 1,0$ ).

Sedangkan beban aksial rencana,  $N_{u,k}$  yang bekerja pada kolom portal dengan daktilitas penuh dihitung dari :

$$N_{u,k} = \frac{0,7 R_n \sum M_{kap,b}}{l_b} + 1,05 N_{g,k}$$

Tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari :

$$N_{u,k} = 1,05 \left( N_{g,k} + \frac{4,0}{K} N_{e,k} \right)$$

dengan :

$R_n$  = Faktor reduksi yang ditentukan sebesar :

1,0	untuk	$1 < n < 4$
$1,1 - 0,025 n$	untuk	$4 < n < 20$
0,6	untuk	$n > 20$

$n$  =Jumlah lantai diatas kolom yang ditinjau.

$l_b$  =Bentang balok dari pusat ke pusat kolom.

$N_{g,k}$  =Gaya aksial kolom akibat beban grafitasi.

$N_{e,k}$  =Gaya aksial kolom akibat beban gempa.

Dalam segala hal, kuat lentur dan aksial rancang kolom portal harus dapat memperhitungkan kombinasi pembebanan berfaktor antara beban grafitasi dan beban gempa dalam 2 arah yang saling tegak lurus (100% dalam satu arah, 30% dalam arah lain tegak lurus pada arah tersebut dan diambil yang paling menentukan, yang sesuai dengan "Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1983".

#### 2.7.4. Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Geser

Kuat geser kolom portal dengan daktilitas penuh berdasarkan terjadinya sendi-sendi plastis pada ujung balok-balok yang bertemu pada kolom tersebut, harus dihitung dengan cermat sebagai berikut :

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,k \text{ atas}} + M_{u,k \text{ bawah}}}{h'_k}$$

Dan dalam segala tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1,05 \left( M_{D,k} + M_{I,k} + \frac{4,0}{K} V_{e,k} \right)$$

dengan :

- $M_{u,k \text{ atas}}$  = Momen rencana kolom pada ujung atas dihitung pada muka balok.
- $M_{u,k \text{ bawah}}$  = Momen rencana kolom pada ujung bawah dihitung pada muka balok.
- $h'_k$  = Tinggi bersih kolom.

### 2.7.5. Perencanaan Panel Pertemuan Balok Kolom

Panel pertemuan balok kolom portal harus harus diproporsikan sedemikian rupa, sehingga memenuhi persyaratan kuat geser horisontal perlu  $V_{u,h}$  dan kuat geser vertikal  $V_{u,v}$  yang berkaitan dengan terjadinya momen kapasitas pada sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu pada kolom itu, dimana gaya geser horisontal :

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol}$$

dimana :

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,7 \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}}$$

$$C_{ka} = T_{ka} = 0,7 \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left[ \frac{I_{ki}}{I'_{ki}} M_{kap,ki} + \frac{I_{ka}}{I'_{ka}} M_{kap,ka} \right]}{\frac{1}{2} (h_{k,a} + h_{k,b})}$$

Tegangan geser horisontal nominal dalam join adalah :

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j h_c}$$

dengan :

$b_j$  = lebar efektif join (mm).

$h_c$  = tinggi total penampang kolom dalam arah geser yang ditinjau (mm).

$V_{jh}$  tidak boleh lebih besar dari  $1,5 \sqrt{f_c'}$  (MPa)

Gaya geser horisontal  $V_{jh}$  ini ditahan oleh dua mekanisme kuat geser inti join, yaitu :

1. Strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung join yang memikul gaya geser  $V_{ch}$ .
2. Mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horisontal dan strat beton diagonal daerah tarik join yang memikul gaya geser  $V_{sh}$ .

Besarnya  $V_{ch}$  harus diambil sama dengan 0 (nol) kecuali bila :

1. Tegangan tekan rata-rata minimal pada penampang bruto kolom beton diatas join, termasuk tegangan prategang, apabila ada, melebihi nilai  $0,1 f_c'$ , maka :

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{N_{u,k}}{A_g} \right)} - 0,1 f_c' b_j h_c$$

2. Seluruh balok pada join dirancang sehingga penampang kritis dari sendi plastis terletak pada jarak yang lebih kecil dari tinggi penampang balok diukur dari muka kolom, maka :

$$V_{ch} = 0,5 \frac{A_s'}{A_s} V_{jh} \left( 1 + \frac{N_{u,k}}{0,4 A_g f_c'} \right)$$

dimana rasio  $A_s'/A_s$  tidak boleh diambil lebih besar dari 1 (satu).



---

## 2.8. PERSYARATAN PERENCANAAN SEISMIK UNTUK KOMPONEN STRUKTUR DENGAN DAKTILITAS PENUH

### 2.8.1. Komponen struktur Rangka yang Menahan Beban Lentur (Balok).

1. Gaya tekan aksial terfaktor yang bekerja pada komponen struktur tersebut tidak melebihi ( $A_g f_c' / 10$ ).
2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya, kecuali untuk balok perangkai dinding geser.
3. Rasio lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3
4. Lebar tidak boleh (a) kurang dari 250 mm, dan (b) lebih dari lebar komponen penumpu (diukur dari bidang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal komponen lentur) ditambah jarak yang tidak melebihi  $3/4$  tinggi komponen lentur pada tiap sisi komponen penumpu.
5. Eksentrisitas antara titik berat balok dan titik berat kolom tidak melampaui  $1/4$  tinggi komponen lentur pada tiap sisi komponen penumpu.
6. Pada sebarang penampang suatu komponen struktur lentur, jumlah tulangan atas maupun tulangan bawahnya tidak boleh kurang dari  $(1,4 b_w d / f_y)$  dan rasio tulangan tidak boleh melampaui  $(7b_w d / f_y)$ . Paling tidak harus disediakan dua batang tulangan menerus pada kedua tulangan atas dan bawah.
7. Kuat momen positif pada sisi muka join tidak boleh kurang dari  $1/2$  kuat momen negatif yang disediakan pada sisi muka join tersebut. Pada sebarang penampang komponen struktur tersebut, kuat momen positif maupun kuat momen negatifnya tidak boleh kurang dari  $1/4$  kuat momen maksimum yang terdapat pada kedua ujung join.
8. Sambungan lewatan tulangan lentur hanya diperbolehkan bila sepanjang daerah sambungan lewatan tasi dipasang tulangan sengkang penutup asal tulangan spiral. Jarak maksimum tulangan transversal yang melilit batang tulangan yang disambung lewat tidak boleh melebihi  $d/4$  atau 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan (a) dalam arah join, (b) dalam

---

jarak 2 kali tinggi komponen struktur muka join dan (c) pada lokasi dimana analisis menunjukkan terjadinya leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastis rangka.

9. Sambungan las dan sambungan mekanikal yang memenuhi ketentuan SKSNI-T-15-1991-03 boleh digunakan untuk penyambungan tulangan asal pelaksanaan penyambungan pada suatu penampang tiap lapis tulangan tidak boleh lebih dari pelaksanaan berselang, dan jarak sumbu dari sambungan batang yang berdekatan tidak kurang dari 600 mm, diukur sepanjang sumbu longitudinal dari komponen struktur rangka.
10. Sengkang tertutup harus dipasang dalam daerah berikut dari komponen struktur rangka : (a). Sepanjang dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka komponen struktur pendukung ke arah tengah bentang, pada kedua ujung komponen struktur lentur, (b). Sepanjang dua kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang yang mungkin terjadi leleh lentur sehubungan dengan perpindahan lateral inelastis rangka.
11. Sengkang tertutup yang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm diukur dari sisi muka suatu komponen struktur pendukung. Spesi maksimum dari sengkang tersebut tidak boleh melebihi (a)  $d/4$ , (b) delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil, (c) 24 kali diameter batang sengkang, (d) 200 mm, dan (e)  $1600 f_y A_{s,l} / [(A_{s,a} + A_{s,b}) f_y]$

dengan :

- $A_{s,l}$  = Luas satu kaki dari tulangan transversal,  $\text{mm}^2$
- $A_{s,a}$  = Luas tulangan longitudinal atas,  $\text{mm}^2$
- $A_{s,b}$  = Luas tulangan longitudinal bawah,  $\text{mm}^2$
- $f_y$  = Kuat leleh tulangan longitudinal, MPa

12. Di daerah yang memerlukan sengkang tertutup, batang tulangan longitudinal pada perimeter harus mempunyai penahan lateral yang memenuhi ketentuan yang berlaku.

13. Di daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari  $d/2$  pada seluruh panjang komponen struktur tersebut.
14. Sengkang tertutup pada komponen struktur lentur boleh dibentuk dari dua potong tulangan, yaitu sebuah sengkang terbuka U yang mempunyai kait 135 derajat dengan perpanjangan sebesar 6 kali diameter (tetapi tidak kurang dari 75 mm) yang dijangkar didalam inti yang terkekang dan satu kait silang penutup hingga keduanya membentuk satu gabungan sengkang yang tertutup. Kait saling menutup yang berurutan yang mengait pada satu tulangan longitudinal yang sama harus dipasangedemikian hingga kait 90 derajat terpasang berselang pada sisi yang berlawanan dari komponen struktur lentur. Bila batang tulangan longitudinal yang terikat oleh sengkang kait penutup hanya dibatasi oleh pelat pada satu sisi komponen struktur rangka lentur, maka kait 90 derajat kait silang penutup tersebut harus dipasang di sisi itu.

#### 2.8.2. Komponen Struktur Rangka yang Menahan Beban Lentur dan Aksial (Kolom)

1. Dimensi penampang terpendek, diukur pada satu garis lurus yang melalui titik berat penampang, tidak boleh kurang dari 300 mm.
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh kurang dari 0,4
3. Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi penampang kolom yang terpendek tidak boleh lebih besar dari 25. Untuk kolom yang mengalami momen yang dapat berbalik tanda, rasionya tidak boleh lebih besar dari 16. Untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh lebih dari 10.
4. Rasio tulangan  $\rho$ , tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak boleh lebih dari 0,06, dan pada daerah sambungan tidak boleh lebih dari 0,08.

5. Sambungan lewatan hanya digunakan diluar daerah sendi plastis potensial dan harus diproporsikan sebagai sambungantarik. Sambungan las dan sambungan mekanikal yang memenuhi SKSNI-T-15-1991-03 boleh digunakan uantuk menyambung tulangan pada sebarang tempat asal pengaturan penyambungan batang tulangan longitudinal pada satu penampang tidak boleh lebih dari pengaturan berselang dan jarak antar sambungan adalah 600 mm atau lebih sepanjang sumbu longitudinal tulangan.
6. Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal untuk memikul beban geser.
7. Tulangan transversal boleh terdiri dari sengkang tertutup tunggal atau majemuk atau menggunakan kait silang penutup dengan diameter dan spasi yang sama dengan diameter san spasi yang ditetapkan untuk sengkang tertutup. Setiap ujung kait silang penutup yang berurutan harus diatur sehingga kait ujungnya terpasang berselang sepanjang tulangan longitudinal yang ada. Tulangan transversal harus dipasang dengan spasi tidak melebihi (a) 1/4 dimensi komponen struktur yang terkecil, (b) lebih kecil atau sama dengan 8 kali diameter tulangan memanjang dan (c) lebih kecil atau sama dengan 100 mm.
8. Kait silang atau kaki sengkang tertutup majemuk tidak boleh dipasang dengan spasi lebih dari 350 mm dari pusat ke pusat dalam arah tegak lurus terhadap sumbu longitudinal dari komponen struktur.
9. Pada setiap muka join dan pada kedua sisi dari setiap penampang yang mungkin mengalami leleh lentur akibat terjadinya perpindahan lateral inelastis dari rangka harus dipasang tulangan transversal dengan jumlah seperti yang ditentukan pada butir 6, 7 dan 8, sepanjang  $l_o$  dari muka yang ditinjau. Panjang  $l_o$  tadi tidak boleh kurang dari :
  - a. Tinggi komponen dimensi struktur,  $Nu,k < 0,30 Ag f_c'$
  - b. 1,5 kali tinggi komponen dimensi struktur untuk  $Nu,k > 0,30 Ag f_c'$
  - c. 1/6 bentang bersih komponen struktur.
  - d. 450 mm.

10. Bila gaya tekan aksial terfaktor yang berhubungan dengan pengaruh gempa yang bekerja pada komponen struktur nilainya melampaui ( $0,10 A_g f_c'$ ), maka pada seluruh tinggi kolom yang berada dibawah ketinggian dimana terjadi pengakhiran komponen struktur kaku dan yang memikul reaksi dari komponen struktur kaku yang terputus tadi, misalnya dinding, harus diberi tulangan transversal seperti yang ditentukan dalam butir 6, 7 dan 8. Tulangan transversal tersebut harus menerus ke dalam komponen struktur yang terputus paling tidak sejauh panjang penyaluran batang tulangan longitudinal yang terbesar didalam kolom. Bila ujung bawah kolom berakhir pada suatu dinding, maka tulangan transversal harus menerus ke dalam dinding paling tidak sejauh panjang penyaluran tulangan longitudinal kolom yang terbesar pada titik pemutusan. Bila kolomnya berakhir pada suatu pondasi telapak atau pondasi rakit, maka tulangan transversal yang memenuhi butir 6, 7 dan 8 harus menerus paling tidak kurang 300 mm kedalam pondasi tersebut.

---

## BAB III

### PERENCANAAN PELAT

Pelat direncanakan menerima beban mati ( DL ) yaitu 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 1 sampai 7. Pelat tersebut memakai kombinasi pembebanan sesuai dengan SKSNI '91 yaitu :

$$U = 1,2 DL + 1,6 LL \dots\dots\dots(\text{SKSNI '91 ps 13.2.2.1})$$

Dalam perencanaan pelat momen-momen yang terjadi dihitung dengan cara PBI '71 ( tabel 13.3.2 ), dimana asumsi tumpuan pelat yang dipakai adalah pelat terjepit elastis pada balok. Sistem penulangan pelat ada dua yaitu : satu arah ( *one - way slab* ) dan sistem dua arah ( *two - way slab* ).

#### 3.1. DATA PERENCANAAN PELAT

MUTU BETON : K 300

$$f_{ck}' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_c' = [0,76 + 0,2 \log(f_{ck}/15)] \times f_{ck}$$

$$= [0,76 + 0,2 \log(30/15)] \times 30 = 24,61 \text{ MPa}$$

---

MUTU BAJA : U 32

$$\begin{aligned} f_y &= 3200 \text{ kg/cm} \\ &= 320 \text{ MPa.} \end{aligned}$$

### 3.2. PRELIMINARY DESIGN TEBAL PELAT

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur dirancang supaya memiliki kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang mungkin memperlemah struktur pada beban kerja. Lendutan tidak perlu dikontrol jika tebal struktur yang direncanakan lebih besar dari tebal minimum yang disyaratkan.

Ketentuan mengenai tebal plat minimum sesuai dengan yang diatur di dalam SKSNI'91 dibedakan atas plat satu arah dan dua arah. Ketentuan ini dijelaskan sebagai berikut :

#### -Konstruksi Satu Arah

Pada perencanaan pelat lantai dikenal adanya sistem pelat satu arah dan dipakai bila rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih dari dua, dimana semua beban pada sistem ini dianggap seluruhnya dipikul oleh balok-balok menurut arah bentang pendek.

Untuk mencari ketebalan minimum pelat satu arah ini disyaratkan didalam tabel 3.2.5(a) SKSNI'91.

#### -Konstruksi Dua Arah

Sistem pelat ini dipakai bila perbandingan antara bentang panjang terhadap bentang pendek kurang atau samadengan dua , dimana beban pada pelat lantai ini dipikul dalam dua arah oleh keempat balok di sekeliling pelat.

Dalam perencanaan pelat yang perlu diperhatikan adalah tebal minimum pelat terhadap lendutan yang mungkin terjadi akibat beban yang bekerja. SK SNI pasal

3.2.5-3 memberikan batasan tebal minimum pelat dua arah supaya besar lendutan tidak perlu diperiksa.

Untuk mengetahui tebal minimum yang dibutuhkan pelat, yang harus dihitung terlebih dahulu adalah nilai rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan pelat dengan lebar yang dibatasi dalam arah lateral oleh sumbu dari panel yang bersebelahan pada tiap sisi dari balok. Nilai rasio atau  $\alpha$  ini dapat dicari dengan cara :

$$\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{(E_{cs} \cdot I_s)}$$

dimana :

$E_{cb}$  = Modulus elastisitas balok beton

$E_{cs}$  = Modulus elastisitas pelat beton

$$I_b = \text{Inersia balok} = \frac{k \cdot b_w \cdot h^3}{12}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \cdot \frac{t}{h} \cdot \left(4 - 6\left(\frac{t}{h}\right)\right) + 4 \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^3}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$b_w$  = lebar balok

$b_e$  = lebar balok efektif

-Balok interior

-Balok ekterior

$$= b_w + 2 \cdot (h + t)$$

$$= b_w + (h + t)$$

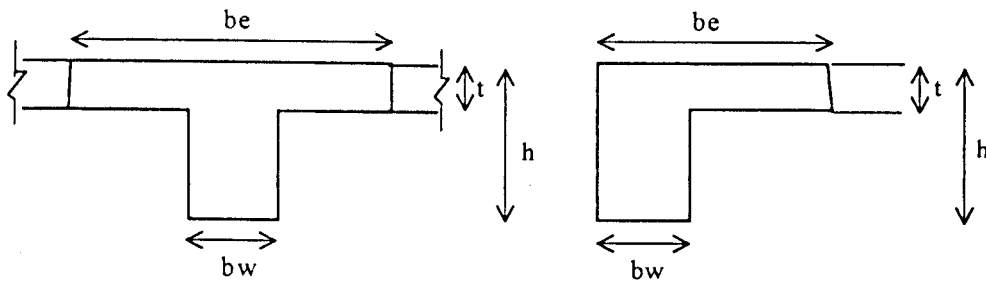
$$= b_w + 8 \cdot t$$

$$= b_w + 4 \cdot t$$

$t$  = tebal flens

$h$  = tinggi balok





Gambar 3.1 : CONTOH PELAT

Dari nilai  $\alpha$  yang didapat di atas kita dapat menentukan  $\alpha_m$  yang merupakan nilai rata-rata dari  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi suatu panel.

Tebal minimum pelat ( pelat 2 arah ) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$h = \frac{\ln \left[ 0,8 + f_y / 1500 \right]}{36 + 5.\beta \left( \alpha_m - 0,12 \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right)} \dots\dots\dots \text{SK SNI pers. 3.2. - 12}$$

tetapi h tidak boleh kurang dari :

$$h.\text{min} = \frac{\ln \left[ 0,8 + f_y / 1500 \right]}{36 + 9 \beta} \dots\dots\dots \text{SK SNI pers. 3.2. - 13}$$

dan h tidak perlu lebih dari :

$$h.\text{mak} = \frac{\ln \left[ 0,8 + f_y / 1500 \right]}{36} \dots\dots\dots \text{SK.SNI pers. 3.2. - 14}$$

di mana :

$\beta$  = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah (  $l_y / l_x$  ).

$\ln$  = Panjang dari bentang bersih dalam arah memanjang dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan dari muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya.

---

Untuk pelat tanpa balok tebal pelat minimum pelat diberikan pada SKSNI tabel 3.2.5.-c dan tebal minimumnya harus diperiksa terhadap aksi balok dan aksi 2 arah ( SK SNI 3.4.11 ).

Dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari harga berikut :

untuk  $\alpha_m < 2,0$   $\longrightarrow$  120 mm

untuk  $\alpha_m \geq 2,0$   $\longrightarrow$  90 mm

### 3.3. PEMODELAN PELAT

Pemodelan pelat dalam tugas akhir ini , pelat dianggap terjepit elastis pada keempat sisinya. Hal ini disebabkan pada tepi-tepi pelat (baik yang menerus maupun yang tak menerus) pasti terjadi perputaran sudut.

Pertimbangan lain pemodelan ini adalah bila pelat dianggap terjepit penuh pada keempat sisinya, maka dianggap momen-momen yang terjadi sebagian besar akan diterima oleh tumpuannya sehingga nilai momen lapangan akan selalu lebih kecil sedangkan pada keadaan sesungguhnya tepi pelat dapat berputar.

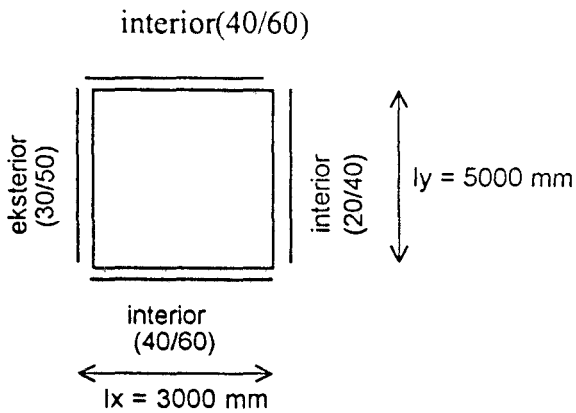
Jika pelat dimodelkan terjepit elastis pada keempat sisinya, maka besarnya momen pada lapangan akan mendekati momen tumpuannya ( khususnya untuk pelat yang ditumpu pada keempat sisinya) sehingga pemodelan struktur lebih aman.

Momen-momen yang terjadi pada pelat dihitung dengan menggunakan tabel 13.3.2 PBI '71.

Contoh Perhitungan 3.1 :

Suatu panel pelat type A direncanakan dengan bentuk seperti gambar di bawah. Pelat tersebut menggunakan mutu baja  $f_y = 320$  MPa dan mutu beton  $f_c' = 24,61$  MPa. Rencanakan tebal pelat tersebut

*Pelat type A*



Panel pelat type A ini terdiri atas : (lihat denah)

- balok eksterior : (30/50)
- balok interior : (20/40) , (40/60) , (40/60)

Penyelesaian :

1. Menentukan  $\alpha$  untuk semua balok yang membentuk panel pelat tersebut.

BALOK EKSTERIOR :

balok ukuran 30/50 cm , dan asumsi awal tebal pelat (t) = 12 cm.

maka :  $b_e = b_w + 4t$       atau       $b_e = b_w + (h-t)$

$$= 30 + 4.12$$

$$= 78 \text{ cm}$$

$$= 30 + (40-12)$$

$$= 68 \text{ cm}$$

(ambil yang terkecil, yaitu  $b_e = 68 \text{ cm}$ ).

Dari rumus :

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \cdot \frac{t}{h} \cdot \left(4 - 6\left(\frac{t}{h}\right)\right) + 4 \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^3}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{h}\right)}$$

, dimana :  $\frac{b_e}{b_w} = \frac{68}{30} = 2,26$

$$\frac{t}{h} = \frac{12}{50} = 0,24$$

diperoleh nilai  $k = 1,42$

$$I_b = k \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot b_w \cdot h^3 \right)$$

$$= 1,42 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 50^3 \right)$$

$$= 443672,3 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \cdot I \cdot t^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 150 \cdot 12^3$$

$$= 21600 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = (E_{cb} : E_{cs}) \cdot (I_b : I_s)$$

$$= 443672,3 : 21600 = 20,54$$

### BALOK INTERIOR :

balok ukuran 40/60 cm

asumsi awal tebal pelat ( $t$ ) = 12 cm.

maka :

$$\begin{aligned}
 be &= bw + 8t & \text{atau} & & be &= bw + 2(h-t) \\
 &= 40 + 8 \cdot 12 & & & &= 40 + 2(60-12) \\
 &= 136 \text{ cm} & & & &= 136 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

(ambil yang terkecil , yaitu  $be = 136 \text{ cm}$ ).

Dari rumus :

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{h}\right) \cdot \left[ 4 - 6 \cdot \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \cdot \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{dimana : } \quad \frac{be}{bw} &= \frac{136}{40} = 3,4 \\
 \frac{t}{h} &= \frac{12}{60} = 0,2
 \end{aligned}$$

diperoleh nilai  $k = 1,64$

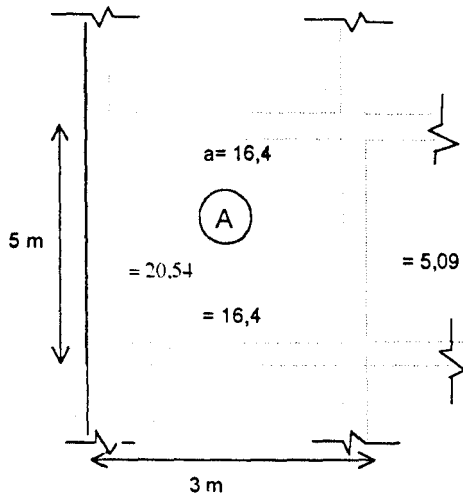
$$\begin{aligned}
 I_b &= k \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot b_w \cdot h^3 \right) \\
 &= 1180800 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_s &= \frac{1}{12} \cdot l \cdot t^3 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 500 \cdot 12^3 \\
 &= 72000 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= (E_{cb} : E_{cs}) \cdot (I_b : I_s) \\
 &= 1180800 : 72000 = 16,4
 \end{aligned}$$

Sama dengan cara di atas untuk menentukan  $\alpha$  pada as lainnya (interior) diperoleh :

$bw = 20 \text{ cm}$   
 $h = 40 \text{ cm}$   
 $t = 12 \text{ cm}$   
 $b_c = 81 \text{ cm}$   
 $k = 1,65 \text{ cm}$   
 $I_b = 220000 \text{ cm}^4$   
 $I_s = 43200 \text{ cm}^4$   
 $\alpha = 5,09$



2. Menentukan nilai  $\alpha_m$  dari panel pelat.

$$\alpha_m = (20,54 + 16,4 + 16,4 + 5,09) : 4$$

$$= 14,6$$

3. Menentukan nilai  $\beta$  untuk panel pelat yang ditinjau.

Dari nilai :

$$L_n = 500 - (40/2) - (40/2) = 460 \text{ cm}$$

$$S_n = 300 - (30/2) - (20/2) = 275 \text{ cm}$$

Diperoleh :

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{460}{275} = 1,68$$

4. Selanjutnya dihitung tebal pelat minimum untuk panel pelat type A , yaitu :

Tebal minimum pelat :

$$h = \frac{\ln \left[ 0,8 + f_y / 1500 \right]}{36 + 5, \beta \left( \alpha_m - 0,12 \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right)} = 29,68 \text{ mm}$$

Tapi tidak kurang dari :

$$h_{\min} = \frac{\ln \left[ 0,8 + f_y / 1500 \right]}{36 + 9, \beta} = 91,18 \text{ mm}$$

Tidak perlu lebih dari :

$$h_{\max} = \frac{\ln \left[ 0,8 + f_y / 1500 \right]}{36} = 129,48 \text{ mm}$$

Dan dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari :

- untuk  $\alpha_m < 2,0 \Rightarrow$  pakai 120 mm.

- untuk  $\alpha_m \geq 2,0 \Rightarrow$  pakai 90 mm.

Karena pelat yang tipis membutuhkan ketelitian yang tinggi dalam hal pelaksanaannya , maka adalah lebih baik direncanakan :

- tebal pelat atap = 120 mm

- tebal pelat lantai = 120 mm

### 3.4. PERHITUNGAN BEBAN PADA PELAT

#### PELAT ATAP :

*Beban Mati (DL)*

- Berat sendiri pelat	= 0,12 x 2400	= 288	kg/m <sup>2</sup>
- Berat plafond dan penggantung	= 11 + 7	= 18	kg/m <sup>2</sup>
- Finishing	= 0,01 x 2200	= 22	kg/m <sup>2</sup>
- Asphal	= 1 x 14	= 14	kg/m <sup>2</sup>
- Pasir penutup	= 0,01 x 1600	= 16	kg/m <sup>2</sup>

*Beban Mati Pelat Atap (DL)* = 358 kg/m<sup>2</sup>

*Beban Hidup Pelat Atap (LL)* = 100 kg/m<sup>2</sup>

*Kombinasi Pembebanan Pelat Atap :*

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= (1,2 \times 358) + (1,6 \times 100) = 589,6 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

#### PELAT LANTAI

*Beban Mati (DL) :*

- Berat sendiri	= 0,12 x 2400	= 288	kg/m <sup>2</sup>
- Berat plafond dan penggantung	= 11 + 7	= 18	kg/m <sup>2</sup>
- Berat tegel dan spesi		= 135	kg/m <sup>2</sup>
- Berat ducting AC		= 40	kg/m <sup>2</sup>

*Beban Mati Pelat Lantai Hotel (DL)* = 481 kg/m<sup>2</sup>

*Beban Hidup Pelat Lantai Hotel (LL)* = 250 kg/m<sup>2</sup>

*Kombinasi Pembebanan Pelat Lantai Hotel :*

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= (1,2 \times 481) + (1,6 \times 250) = 977,2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$



### 3.5. PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT

Untuk konstruksi pelat dua arah didisain sebagai berikut :

Contoh Perhitungan 3.2 :

Salah satu panel pelat type A ( pelat lantai ) mempunyai data sebagai berikut :

Beban pelat lantai =  $q_u = 977,2 \text{ kg/m}^2$

Bentang panjang ( $l_y$ ) = 5,0 m dan bentang pendek ( $l_x$ ) = 3,0 m.

Tebal pelat lantai ( $h$ ) = 120 mm

Penutup beton ( $p$ ) = 20 mm ..... SKSNI 3.16.7-1.c

Direncanakan diameter tulangan utama dalam arah x dan arah y = D.10

Mutu baja  $f_y = 320 \text{ MPa}$  dan mutu beton  $f_c' = 24,61 \text{ MPa}$ .

Rencanakan penulangan pelat lantai tersebut .

Penyelesaian :

1. Menentukan tinggi efektif ( $d$ ) pelat untuk arah x dan arah y.

Tebal pelat lantai ( $h$ ) = 120 mm

Penutup beton ( $p$ ) = 20 mm ..... SKSNI 3.16.7-1.c

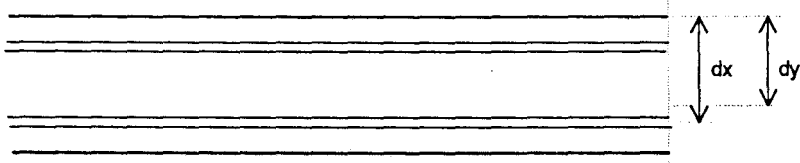
Diameter tulangan utama dalam arah x dan arah y = D.10

, sehingga tinggi efektif ( $d$ ) dalam :

$$\begin{aligned} \text{- arah x} \Rightarrow \quad d_x &= h - p - 0,5 \cdot \phi_x \\ &= 120 - 20 - (0,5 \cdot 10) = 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- arah y} \Rightarrow \quad d_y &= h - p - \phi_x - 0,5 \cdot \phi_y \\ &= 120 - 20 - 10 - (0,5 \cdot 10) = 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

Letak dari tulangan dapat dilihat pada gambar di bawah :



2. Menentukan momen - momen yang bekerja pada arah x dan arah y dari pelat.

Momen pelat dihitung dengan koefisien dari tabel 13.3.2 PBI '71 dengan anggapan tepi pelat terjepit elastis pada dua sisinya.

$$q_u = 977,2 \text{ kg/m}^2$$

$$M_u = (0,001 \cdot x) \cdot q \cdot lx^2$$

, untuk  $l_y / l_x = 5,0 / 3,0 = 1,6$  ..... pelat 2 arah.

sesuai tabel 13.3.2 diperoleh :  $x_{tx} = x_{lx} = 58$

$$x_{ty} = x_{ly} = 36$$

sehingga :

$$- M_u = M_{tx} = -M_{lx} = 510,9 \text{ kg.m}$$

$$- M_u = -M_{ty} = M_{ly} = 316,61 \text{ kg.m}$$

Catatan :

$M_{lx}$  = momen lapangan maksimum per meter lebar di arah x.

$M_{ly}$  = momen lapangan maksimum per meter lebar di arah y.

$M_{tx}$  = momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah x.

$M_{ty}$  = momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah y.

3. Menentukan penulangan arah sumbu x (sejajar bentang pendek) dan juga arah sumbu y (sejajar bentang panjang).

**PENULANGAN ARAH X**

$M_{tx} = M_{lx} = 5,1 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$  (  $M_u$  = momen ultimate)

$M_n = (M_u : 0,8) = 5,1 \cdot 10^6 : 0,8$   
 $= 6,375 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$

$\beta_1 = 0,85$  ..... SKSNI 3.3.2-7.1

$\rho_{balance} = \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$  ..... SKSNI pers. 3.1-1  
 $= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 24,61}{320} \cdot \frac{600}{600 + 320}$   
 $= 0,03624$

$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_{balance}$  ..... SKSNI 3.3.3-3  
 $= 0,75 \cdot \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$   
 $= 0,02718$

$\rho_{min} = 1,4 : f_y$  ..... SKSNI 3.3.5-1  
 $= 1,4 : 320$   
 $= 0,0044$

$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{6,375 \cdot 10^6}{1000 \cdot 95^2} = 0,7$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{320}{0,85 \times 24,61} = 15,297$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{\left( 1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{15,297} \cdot \left( 1 - \sqrt{\left( 1 - \frac{2 \cdot 15,297 \cdot 0,7}{320} \right)} \right) \\ &= 0,0022 < \rho_{\min} \end{aligned}$$

maka :

$$\rho \text{ pakai} = \rho_{\min} = 0,0044$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \text{ pakai} \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,0044 \cdot 1000 \cdot 95 \\ &= 418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

, bandingkan dalam segala hal tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} \text{As min} &= 0,0014 \cdot b \cdot h \quad \dots \dots \dots \text{SKSNI 3.16.12-2.1} \\ &= 0,0014 \cdot 1000 \cdot 120 \\ &= 168 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

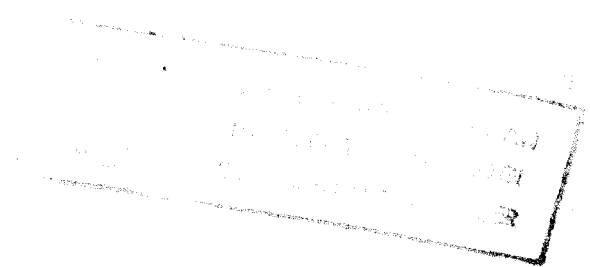
Dipakai : D10 - 150 ( As. = 524 mm<sup>2</sup> )

### *Menentukan tulangan pembagi*

Sesuai dengan SKSNI 3.16.12-2.1 , di dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi (untuk tegangan susut dan suhu) :

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,002 \cdot b \cdot h \\
 &= 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 \\
 &= 240 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai : D.8 - 200 (  $A_s = 251 \text{ mm}^2$  )



**PENULANGAN ARAH Y**

$$M_{ty} = M_{ly} = 3,16 \cdot 10^6 \text{ N.mm ( } \mu = \text{ momen ultimate)}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= (\mu : 0,8) = 3,16 \cdot 10^6 : 0,8 \\
 &= 3,95 \cdot 10^6 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 \quad \dots \dots \dots \text{SKSNI 3.3.2-7.1}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \text{SKSNI pers. 3.1-1} \\
 &= 0,044
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}} \quad \dots \dots \dots \text{SKSNI 3.3.3-3} \\
 &= 0,75 \cdot 0,044 \\
 &= 0,033
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= 1,4 : f_y \quad \dots \dots \dots \text{SKSNI 3.3.5-1} \\
 &= 1,4 : 320 \\
 &= 0,0044
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_y^2} = \frac{3,95 \cdot 10^6}{1000 \cdot 85^2} = 0,54$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,297} \cdot \left( 1 - \sqrt{\left( 1 - \frac{2 \cdot 15,297 \cdot 0,54}{320} \right)} \right)$$

$$= 0,002$$

$$= 0,002 < \rho_{\min}$$

sehingga diambil :

$$\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\min} = 0,0044$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,0044 \cdot 1000 \cdot 85 \\ &= 374 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

, bandingkan dalam segala hal tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} \text{As min} &= 0,0014 \cdot b \cdot h \quad \text{..... SKSNI 3.16.12-2.1} \\ &= 0,0014 \cdot 1000 \cdot 120 \\ &= 168 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai : D.10 - 200} \quad ( \text{As} = 393 \text{ mm}^2 )$$

### *Menentukan tulangan pembagi*

Sesuai dengan SKSNI 3.16.12-2.1 , di dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi (untuk tegangan susut dan suhu) :

$$\begin{aligned} \text{As} &= 0,002 \cdot b \cdot h \\ &= 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai : D.8 - 200} \quad ( \text{As} = 251 \text{ mm}^2 )$$

Selanjutnya untuk type pelat atap dan lantai lainnya ditabelkan dalam lampiran.

### 3.6. KONTROL PELAT

#### 3.6.1. KONTROL RETAK

Menurut SKSNI 3.3.6-4 mengenai kontrol retak pada balok dan pelat, yaitu: apabila tegangan leleh rencana  $f_y$  untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus diproporsikan sedemikian hingga nilai  $z$  yang diberikan oleh:

$$Z = f_s \cdot (d_c \cdot A)^{1/3}$$

tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar. Dalam hal ini tegangan tergantung dalam tulangan pada beban kerja  $f_s$  (MPa) harus dihitung sebagai momen dibagi oleh hasil kali luas baja dengan lengan momen dalam. Bila tidak dihitung dengan cara di atas,  $f_s$  boleh diambil sebesar 60 % dari kuat leleh ( $f_y$ ) yang dipakai.

Dimana :

- $d_c$  = jarak pusat tulangan tarik ke tepi luar serat tertarik.
- $A$  = luas efektif beton di sekitar tulangan tarik dibagi dengan jumlah tulangan.

maka :

$$d_c = 20 + (0,5 \cdot 10) = 25 \text{ mm}$$

$$A = \frac{2 \cdot d_c \cdot b_w}{n \text{ tulangan}} = (2 \cdot 25 \cdot 1000) : [436 : (0,25 \cdot 3 \cdot 14 \cdot 10^2)] = 9002,29 \text{ mm}^2$$

$$f_s = 60 \% \cdot 320 = 192 \text{ MPa.}$$

$$Z = 192 \cdot (25 \cdot 9002,29)^{1/3} = 11678,33 \text{ N/mm} = 11,678 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \Rightarrow \text{oke...}$$

### 3.6.2. KONTROL SPASI MAKSIMUM

Sesuai SKSNI 3.6.4-2 disebutkan bahwa :

Untuk tulangan utama pelat :

$$\begin{aligned} S \text{ maksimum} &= 2 \times \text{tebal pelat} \\ &= 2 \times 120 \\ &= 240 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$S \text{ terpasang} = 150 \text{ mm (arah x)} < S \text{ maksimum} \dots\dots\dots\text{oke.}$$

$$S \text{ terpasang} = 200 \text{ mm (arah y)} < S \text{ maksimum} \dots\dots\dots\text{oke.}$$

Untuk tulangan susut dan suhu, SKSNI 3.16.12-2.2 menyebutkan bahwa :

$$\begin{aligned} S \text{ maksimum} &= 5 \times \text{tebal pelat} \\ &= 5 \times 120 \\ &= 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S \text{ terpasang} = 200 \text{ mm (arah x)} < S \text{ maksimum} \dots\dots\dots\text{oke.}$$

$$S \text{ terpasang} = 200 \text{ mm (arah y)} < S \text{ maksimum} \dots\dots\dots\text{oke.}$$

### 3.6.3. KONTROL LENDUTAN

Karena tinggi atau tebal elemen pelat telah diambil lebih dari ketentuan tinggi minimum , maka lendutan tidak perlu dihitung lagi. Hal ini sesuai dengan SKSNI 3.2.5-3.3. Dengan demikian pemakaian tebal pelat atap = 120 mm dan tebal pelat lantai = 120 mm adalah memenuhi syarat-syarat lendutan.



## BAB IV

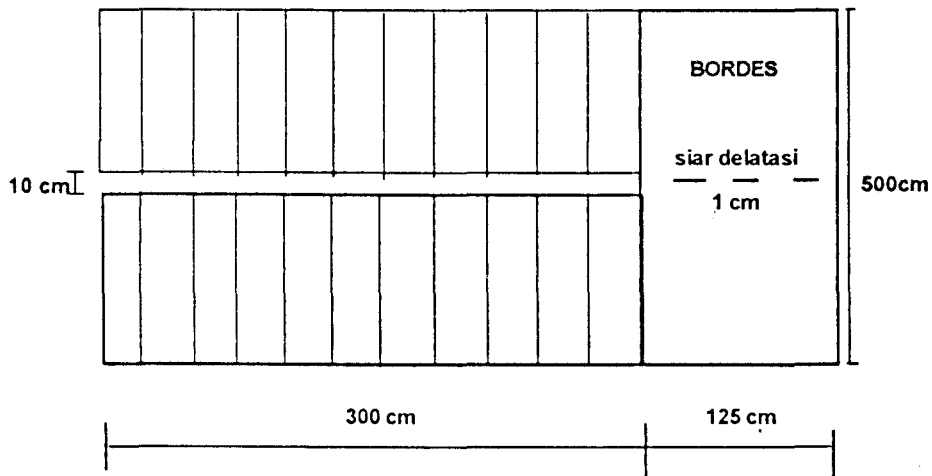
### PERENCANAAN TANGGA

Hal terpenting dalam perencanaan tangga ini, harus diingat bahwa tangga adalah termasuk unsur struktur sekunder, dimana unsur struktur sekunder tidak boleh mempengaruhi kelakuan struktur utama didalam menerima gaya-gaya utama. Dalam perencanaan ini tangga dimodelkan sebagai frame dengan dua tumpuan yaitu sendi pada ujung anak tangga atas/bawah dan rol pada ujung bordes. Pada tengah bordes diadakan siar delatasi selebar 1 cm untuk memisahkan tangga kiri dan tangga kanan.

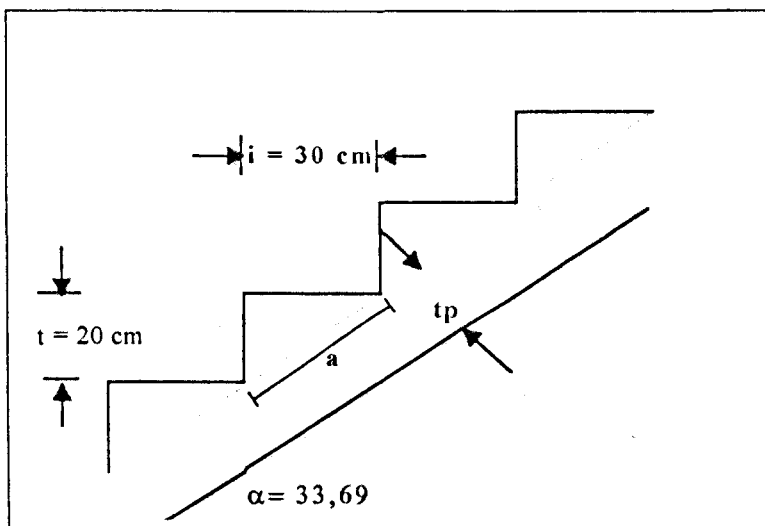
#### • Data-Data Perencanaan Tangga

Mutu beton ( $f_c'$ )	: 24,61 MPa.
Mutu baja ( $f_y$ )	: 390 MPa.
Lebar injakan (i)	: 30 cm.
Tinggi tanjakan (t)	: 20 cm
Tebal pelat tangga	: 15 cm.
Tebal pelat bordes	: 15 cm.
Tinggi as ke as lantai	: 400 cm.
Lebar tangga	: 245 cm.
Panjang tangga	: 300 cm.
Lebar bordes	: 125 cm.
Kemiringan tangga ( $\alpha$ )	: arc tg (200/300). : 33,69°

Jumlah injakan (n) : 10



Gambar 4.1.1. Denah Perencanaan Tangga



Gambar 4.1.2. Dimensi Anak Tangga

### 4.1.1 Pembebanan Tangga

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

#### Perhitungan Tebal Rata - Rata Pelat Tangga

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{t^2 + i^2} \\ &= \sqrt{20^2 + 30^2} \\ &= 33,54 \end{aligned}$$

- Luas segitiga =  $a \times tr$

$$0,5 \times 30 \times 20 = 33,54 \times tr$$

$$tr = 6,7$$

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

$$= 15 + 6,7$$

$$= 21,7 \text{ cm}$$

Cara perhitungan tulangan pada tangga adalah sama seperti perhitungan tulangan plat dengan menganggap lebar = 1 meter.

#### 1. Bordes

a. Beban mati

- Berat sendiri =  $0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$

- Spesi + tegel =  $3 ( 21 + 24 ) = 135 \text{ kg/m}^2$

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

Total =  $545 \text{ kg/m}^2$

b. Beban hidup LL =  $300 \text{ kg/m}^2$

$$qu = 1,2 (545) + 1,6 (300) = 1074 \text{ kg/m}^2$$

## 2. Pelat Tangga

a. Beban mati

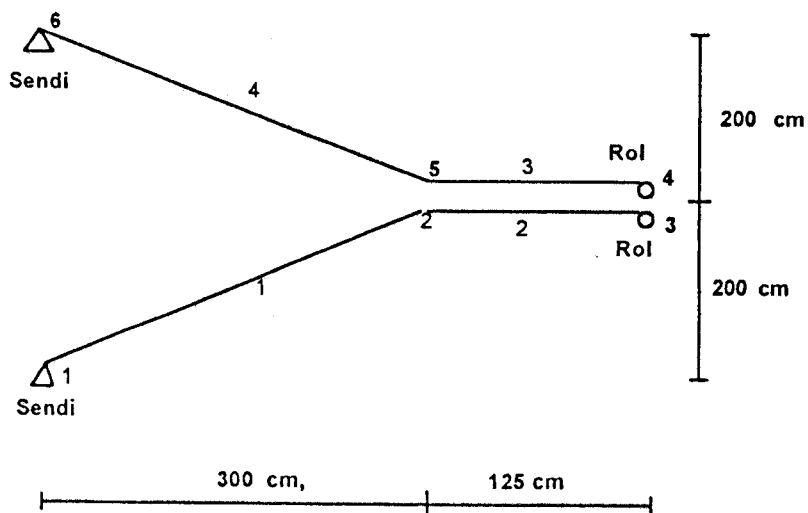
$$\begin{aligned}
 \text{- Berat sendiri} &= \frac{0,217}{\cos 33,69} \times 2400 &&= 582,29 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{- Spesi + tegel} &= 3 ( 21+24 ) \times ((16+ 30 ) / 30) &&= 202,5 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{- Sandaran} &&&= 50 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Total} &&&= 834,79 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{b. Beban hidup} \quad LL \quad = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$qu = 1,2( 834,79 ) + 1,6( 300 ) = 1481,748 \text{ kg/m}^2$$

### 4.1.2. Analisa Gaya-Gaya Dalam Tangga

Gaya - gaya dalam dari tangga ini dianalisa dengan bantuan program SAP 90 dengan memisalkan struktur tangga sebagai elemen frame yang tertumpu pada kedua ujungnya.



Gambar 4.1.3. Pemodelan Struktur Tangga

### 4.1.3. Perhitungan Penulangan Tangga

Pada perhitungan tulangan pada tangga ini pelat tangga direncanakan bertulangan rangkap dengan anggapan bahwa tulangan tekan memberikan peranan dalam mengatasi lendutan jangka panjang.

Data umum bahan :

- Tebal plat = 15 cm
- Decking = 2 cm
- Tulangan = D16
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 24,61 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 390 MPa

#### ♦ PERHITUNGAN TULANGAN LENTUR

##### a. Penulangan pada anak tangga

$$M_u = 31876400 \text{ Nmm}$$

$$d = 150 - 20 - 0,5 \times 16 \\ = 122 \text{ mm}$$

$$d' = 20 + (0,5 \times 16) \\ = 28 \text{ mm}$$

$$\text{diambil } \delta = 0,6$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \\ = \frac{0,85 \cdot 24,61 \cdot 0,85}{390} \frac{600}{600 + 390} \\ = 0,0276$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b \\ = 0,75 \times 0,0276 \\ = 0,0207$$

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

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,00358 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 f_c'} \\
 &= \frac{390}{0,85 \cdot 24,61} \\
 &= 18,64 \\
 R_n &= \frac{(1-\delta) M_u}{0,8 b d^2} \\
 &= \frac{(1-0,6) 31876400}{0,8 \times 1000 \times 122^2} \\
 &= 1,07 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18,64} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,64 \times 1,07}{390}} \right) \\
 &= 0,0028 \\
 \rho' &= \frac{\delta M_u}{\phi f_y (d-d') b d} \\
 &= \frac{0,6 \cdot 31876400}{0,8 \cdot 390 \cdot (122-28) \cdot 1000 \cdot 122} \\
 &= 0,0053 \\
 \rho &= \rho + \rho' \\
 &= 0,0028 + 0,0053 \\
 &= 0,0081 \\
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0081 \cdot 1000 \cdot 122 \\
 &= 988,2 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Dipasang tulangan D16-200, } A_s = 1005,3 \text{ mm}^2 \\
 A_s' &= \rho' \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0053 \cdot 1000 \cdot 122 \\
 &= 646,6 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Dipasang tulangan D16-250, } A_s = 804 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Kontrol spasi maksimum :} \\
 S_{max} &= 2 \cdot t
 \end{aligned}$$

$$= 2 \cdot 150 = 300 \text{ mm}$$

$$S \text{ terpasang} = 250 \text{ mm} < S_{\text{max}} = 300 \text{ mm} \dots \text{ ok}$$

**b. Penulangan pada bordes**

$$M_u = 25534200 \text{ Nmm}$$

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

$$d = 150 - 20 - 0,5 \times 16$$

$$= 122 \text{ mm}$$

$$d' = 20 + (0,5 \times 16)$$

$$= 28 \text{ mm}$$

$$\text{diambil } \delta = 0,6$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

$$= 18,64$$

$$R_n = \frac{(1-\delta)M_u}{0,8 b d^2}$$

$$= 0,85$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

$$= 0,0022$$

$$\rho' = \frac{\delta M_u}{\phi f_y (d-d') b d}$$

$$= 0,0043$$

$$\rho = \rho + \rho'$$

$$= 0,0022 + 0,0043$$

$$= 0,0065$$

$$A_s = 0,0103 \times 1000 \times 122$$

$$= 793 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D16-250 ,  $A_s=804 \text{ mm}^2$

$$A_s' = 0,0043 \times 1000 \times 122$$

$$= 524,6 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D16-250 ,  $A_s=804 \text{ mm}^2$

Kontrol spasi maksimum :

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= 2 \cdot t \\
 &= 2 \cdot 150 = 300 \text{ mm} \\
 S \text{ terpasang} &= 250 \text{ mm} < S_{\max} = 300 \text{ mm} \dots\dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

### c. Tulangan melintang

Tulangan penahan susut dan suhu dipasang kearah melintang pada setiap lapisan tulangan.

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ susut} &= 0,002 b d \\
 &= 0,002 \times 1000 \times 150 \\
 &= 300 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D10 - 20 mm

### ♦ PERHITUNGAN TULANGAN GESER

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 b &= 1000 \text{ mm} \\
 h &= 150 \text{ mm} \\
 N_u &= 4721,3 \text{ N} \\
 V_u &= 27139,8 \text{ N} \\
 d &= 150 - 20 - 0,5 \times 10 \\
 &= 125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kemampuan penampang menerima beban geser akibat adanya gaya aksial tarik, menurut SKSNI-T-15-1991-03 persamaan 3.4-9 :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 2 \left( 1 + \frac{0,30 N_u}{A_g} \right) \frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_w d \\
 &= 2 \left( 1 + \frac{0,30 (-4721,3)}{1000 \times 150} \right) \frac{\sqrt{24,61}}{6} 1000 \times 125 \\
 &= 195482,24 \text{ N} \\
 V_n &= \frac{V_u}{0,65}
 \end{aligned}$$



$$= \frac{25575,2}{0,65}$$
$$= 41753,53 \text{ N} < V_c = 195482,24 \text{ N}$$

Untuk seluruh elemen tangga didapatkan bahwa gaya geser yang terjadi ada dibawah kekuatan geser beton, sehingga tidak diperlukan tulangan geser untuk menambah kekuatan.

Tulangan geser hanya dipasang praktis saja bersama tulangan pembagi yang berupa tulangan arah melintang (tegak lurus tulangan memanjang) pada tepi atas dan tepi bawah plat.

Dipasang tulangan D10 - 200 mm.

## BAB V

### PERENCANAAN BALOK ANAK

Balok anak merupakan struktur sekunder, sehingga bukan merupakan elemen yang menerima gaya lateral, tetapi lebih berfungsi sebagai struktur yang mendukung beban gravitasi unsur lain yang berhubungan dengannya, misalnya beban pelat serta menyalurkan beban-beban tersebut pada struktur utama. Selain itu balok anak juga berfungsi sebagai pengaku pelat sehingga benar-benar horisontal dan kaku pada bidangnya. Kegunaan balok anak yang lainnya adalah untuk memperkecil lendutan pada pelat sehingga dapat memperkecil ketebalan pelat.

Dalam perencanaan balok anak akan dibahas mengenai perencanaan tulangan pada balok anak, baik tulangan lentur, geser dan torsi serta terhadap kontrol lendutan serta retak.

#### 5.1. PEMBEBANAN PADA BALOK ANAK

##### 5.1.1. Perhitungan Beban

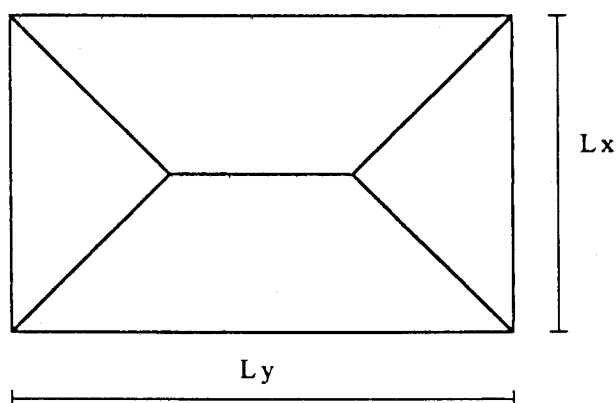
Beban-beban yang bekerja pada balok anak tersebut adalah berat sendiri balok anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dapat dianggap sebagai beban segitiga pada lajur yang pendek serta beban trapesium pada lajur yang panjang. Beban-beban berbentuk

trapesium maupun segitiga tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekivalen dengan menyamakan momen maksimumnya.

Adapun beban-beban yang diperhitungkan dalam perencanaan ini adalah :

- Beban mati pelat lantai : 481 kg/m<sup>2</sup>
- Beban mati pelat atap : 358 kg/m<sup>2</sup>
- Beban hidup lantai hotel : 250 kg/m<sup>2</sup>
- Beban hidup atap : 100 kg/m<sup>2</sup>

Adapun perumusan beban ekivalen dapat diturunkan sebagai berikut :



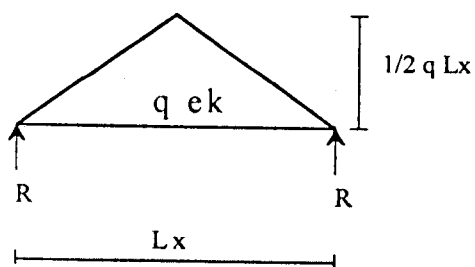
Beban pada pelat adalah =  $q$  kg/m<sup>2</sup>

Gambar 5.1. Distribusi beban pada balok akibat beban pelat

### 5.1.2. Tipe Pembebanan Pada Balok Anak

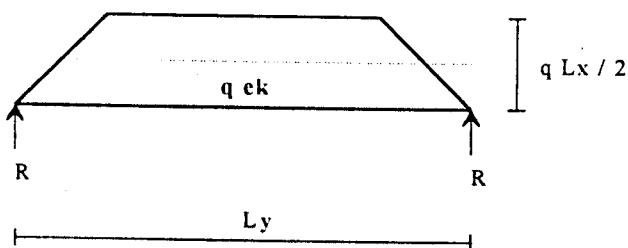
Variasi pembebanan dan beban ekivalen yang terjadi pada perhitungan balok anak ini antara lain :

1. Beban ekivalen segi tiga



$$q_{ek} = \frac{1}{3} \cdot q \cdot Lx$$

2. Beban ekivalen trapesium

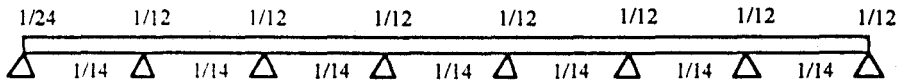


$$q_{ek} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot Lx \cdot \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{Lx}{Ly} \right)^2 \right]$$

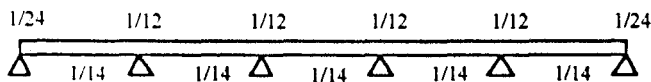
5.2. LAJUR MENERUS BALOK ANAK

Dalam hal ini lajur menerus balok anak dianalisa sesuai dengan ketentuan yang ada di dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 menurut pasal 13.2. Besarnya momen-momen pada tumpuan dan lapangan dapat dilihat pada ikhtisar berikut:

1. Lajur menerus untuk 7 bentang



2. Lajur menerus untuk 5 bentang



5.3. PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK ANAK

Penulangan balok anak meliputi penulangan lentur, penulangan geser dan torsi, kontrol retak dan kontrol lendutan, sedangkan tulangan torsi hanya dipasang minimum karena pada prinsipnya untuk balok anak interior tidak pernah menerima torsi.

5.3.1. Penulangan Lentur Balok Anak

➤ Dasar-Dasar 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 desain kontruksi balok T dengan penentuan lebar flens menurut SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.1.10.

Kekuatan nominal dari suatu komponen struktur untuk memikul beban lentur dan aksial didasarkan pada asumsi yang diberikan dalam SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.2 ayat 2 sampai 7 pada yaitu :

1. Regangan dalam tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding langsung dengan jarak dari sumbu netral, kecuali untuk komponen struktur lentur tinggi dengan rasio tinggi total terhadap bentang bersih yang lebih besar dari 2/5 untuk bentang menerus dan lebih besar dari 4/5 untuk balok dengan tumpuan sederhana, harus digunakan distribusi regangan non-linier ( SKSNI-1991 pasal 3.2.2 butir 2 ).
2. Regangan maksimum yang dapat digunakan pada serat beton tekan terluar harus diasumsikan sama dengan 0,003 ( SKSNI-1991 pasal 3.3.2 butir 3 ).
3. Tegangan dalam tulangan di bawah kuat leleh yang ditentukan  $f_y$  untuk mutu tulangan yang digunakan harus diambil sebesar  $E_s$  dikalikan regangan baja (  $f_s = E_s \times \epsilon_s$  ). Untuk regangan yang lebih besar dari regangan yang memberikan  $f_y$  tegangan pada tulangan harus dianggap tidak bergantung pada regangan dan sama dengan  $f_y$  (SKSNI-1991 pasal 3.3.2 butir 4).

- Bila  $\epsilon_s \leq \epsilon_y \rightarrow$  maka:  $f_s = E_s \epsilon_s$

- Bila  $\epsilon_s > \epsilon_y \rightarrow$  maka:  $f_s = f_y$

4. Dalam perhitungan lentur beton bertulang kuat tarik beton harus diabaikan ( SKSNI-1991 pasal 3.3.2 butir 5 ).
5. Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton boleh diasumsikan berbentuk persegi, trapesium, parabola atau bentuk lainnya yang menghasilkan perkiraan kekuatan yang cukup baik bila dibandingkan dengan hasil penyelidikan yang lebih menyeluruh ( SKSNI-1991 pasal 3.3.2

butir 6 ).

6. Kekuatan dari point 5 di atas tersebut boleh dianggap dipenuhi oleh suatu distribusi tegangan beton persegi ekuivalen yang didefinisikan sebagai berikut : ( SKSNI-1991 pasal 3.3.2 butir 7 ) :

1. Tegangan beton sebesar  $0,85 f_c'$  harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar dengan sumbu netral sejarak  $a = \beta_1 c$  dari serat dengan regangan tekan maksimum.
  2. Jarak  $c$  dari serat dengan regangan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah tegak lurus terhadap sumbu tersebut.
- ♦ Faktor  $\beta_1$  harus diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan beton  $f_c'$  hingga atau sama dengan 30 MPa. Untuk kekuatan diatas 30 Mpa,  $\beta_1$  harus direduksi secara menerus sebesar 0,008 untuk setiap kelebihan 1 Mpa diatas 30 Mpa, tetapi  $\beta_1$  tidak boleh diambil kurang dari 0,65.

$$\text{Untuk } f_c' \leq 30 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$\text{Untuk } f_c' > 30 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \\ \geq 0,65$$

- ♦ **Kondisi Regangan Berimbang dan Batas Rasio Penulangan.**

Definisi regangan berimbang pada suatu penampang adalah suatu kondisi dimana tulangan tarik mencapai tegangan leleh yang diisyaratkan ( $f_y$ ) pada saat

yang bersamaan dengan bagian beton yang tertekan mencapai regangan batas sebesar 0,003.

Jika rasio tulangan beton terpasang lebih besar dari keadaan berimbang tersebut diatas, maka letak letak garis netral beton akan turun sehingga regangan beton didaerah tekan akan lebih besar dari regangan batas beton yang diisyaratkan ( $\epsilon_{cu} = 0,003$ ) pada tulangan tarik mencapai lelehnya. Jadi beton didaerah tekan akan hancur dulu sebelum tulangan tarik meleleh. Pola keruntuhan semacam ini sedapat mungkin harus dihindari karena pola keruntuhannya bersifat mendadak.

Sebaliknya diusahakan bahwa pola keruntuhan beton harus secara daktail yaitu beton harus menunjukkan deformasi yang cukup besar sebelum tercapainya kekuatan runtuhnya sehingga secara dini akan tampak bahwa komponen struktur tersebut sudah membahayakan.

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 :

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \frac{600}{600 + f_y}$$
$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

Batasan penulangan minimum di atas diberikan untuk pertimbangan ekonomis beton. Jika tulangan terpasang lebih kecil dari tulangan minimum yang diisyaratkan, 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.

Penampang persegi direncanakan hanya menggunakan tulangan tulangan tarik saja, penambahan tulangan tekan baru diperhitungkan bila rasio tulangan tarik yang diperlukan melebihi rasio tulangan max yang diisyaratkan atau dengan kata

---



lain 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.

Lebar efektif  $b_e$  untuk perhitungan kekuatan ini didasarkan pada SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.1.10 point 2 dan 3 yaitu :

- ♦ Lebar pelat yang secara efektif bekerja sebagai suatu flens dari balok T tidak boleh melebihi seperempat bentang dari balok, dan lebar efektif dari flens yang membentang dari tiap sisi badan balok tidak boleh melebihi :
  - a. Delapan kali tebal pelat.
  - b. Setengah jarak bersih dari badan balok yang bersebelahan.
- ♦ Untuk balok yang mempunyai pelat hanya pada satu sisi, lebar efektif flens yang membentang tidak boleh lebih dari :
  - a. Seperduabelas dari bentang balok.
  - b. Enam kali tebal pelat.
  - c. Setengah jarak bersih dari badan balok yang bersebelahan.

Lebar efektif untuk 2 type balok yaitu balok T dan balok L (interior dan exterior) 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.  $b_e \leq L_n$
  2. Balok Exterior (pelat hanya pada satu sisi), dipilih nilai yang terkecil dari :
    - a.  $b_e \leq b_w + 1/12 L$
-

b.  $bE \leq bw + 6t$

c.  $bE \leq bw + 1/2 Ln$

Untuk perhitungan kekuatan momen nominal  $Mn$  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  $t$ , maka balok T dihitung sama dengan balok empat persegi panjang (balok T palsu) dengan lebar  $bE$ .
2. Bila tinggi  $a$  lebih besar dari  $t$ , maka dihitung secara balok T murni dengan

$$Mn = C1 \left( d - \frac{a}{2} \right) + C2 \left( d - \frac{t}{2} \right)$$

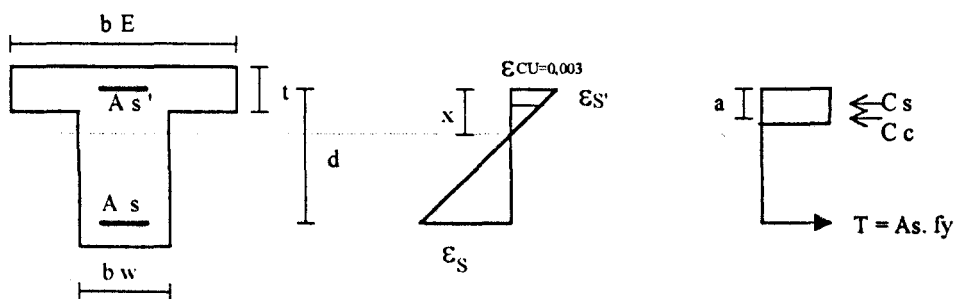
dimana :

$$C1 = 0,85 \cdot fc' \cdot bw \cdot a$$

$$C2 = 0,85 \cdot fc' \cdot (bE - bw) \cdot t$$

$$a = \frac{T - C2}{0,85 fc' bw}$$

$$T = As \cdot fy$$



Gambar 5.2. Balok T murni

➤ Langkah-Langkah Perhitungan Penulangan Lentur dengan  $\delta$

1. Menentukan dimensi balok :

- lebar balok ( b )
- tinggi balok ( h )
- tebal pelindung beton ( dc )
- d = h - dc -  $\phi$  sengkang - D tul. utama / 2

2. Menentukan besarnya  $\delta$

Untuk perencanaan balok anak ini digunakan  $\delta = 0,5$

3. Menghitung  $R_n$

$$R_n = \frac{(1 - \delta) M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

4. Menghitung besarnya m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

5. Menghitung  $\rho\delta$

$$\rho\delta = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

atau dengan cara lain,

$$\rho\delta = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right]$$

6. Menghitung  $\rho'$

$$\rho' = \frac{\delta M_u}{\phi \cdot f_y \cdot (d - d') \cdot b \cdot d}$$

7. Menghitung rasio tulangan tarik (  $\rho$  ) dan rasio tulangan tekan (  $\rho'$  )

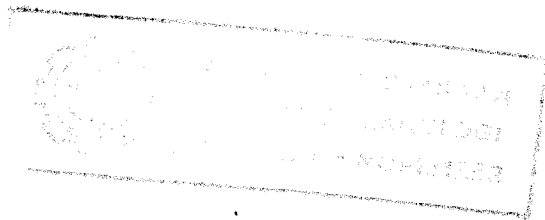
$$\text{- rasio tulangan tarik } (\rho) = \rho\delta + \rho'$$

– rasio tulangan tekan ( $\rho'$ ) =  $\rho'$

#### 8. Menghitung luas tulangan tarik dan tekan

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_s' \text{ perlu} = \rho' \cdot b \cdot d$$



### 5.3.2. Desain Penulangan Geser dan Torsi

#### ♦ Penulangan Geser

Perencanaan penampang akibat geser harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut:

$$V_u \leq \phi V_n$$

dimana :

- $V_u$  merupakan gaya geser berfaktor akibat beban luar yang pada penampang yang ditinjau.
- $V_n$  merupakan kuat geser nominal suatu komponen struktur yang didapat dari sumbangan kekuatan beton ( $V_c$ ) dan kekuatan tulangan geser ( $V_s$ ), yang dihitung dari :

$$V_n = V_c + V_s,$$

dimana :

- $V_c$  adalah kuat geser beton.
- $V_s$  adalah kuat geser nominal tulangan geser.

Besarnya  $V_c$  bervariasi tergantung dari dimensi balok dan mutu beton yang digunakan, sedangkan besarnya  $V_s$  tergantung dari diameter tulangan geser, mutu baja dan jarak pemasangannya.

> Sumbangan kekuatan geser beton ( $V_c$ ) :

- Untuk struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur saja, berlaku rumus :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \text{ bw d} \dots\dots\dots \text{SKSNI psl 3.4.3-1.1}$$

- Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial :

$$V_c = \left[ 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right] \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \text{ bw d} \dots\dots \text{SKSNI psl 3.4.3-1.2}$$

- Untuk komponen struktur yang dibebani gaya tarik aksial yang cukup besar, tulangan geser harus direncanakan untuk memikul geser total yang terjadi.
- Sedang untuk penampang dimana komponen torsi berfaktor  $T_u$  melebihi persamaan berikut ini :

$$T_u = \phi \left[ \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{20} \right) \Sigma x^2 y \right]$$

maka :

$$V_c = \frac{\left( \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \text{ bw d}}{\sqrt{1 + (2,5) C_t \frac{T_u}{V_u}}} \dots\dots\dots \text{SKSNI psl 3.4.3-1.5}$$

- Besarnya  $V_s$  bila digunakan tulangan geser yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur adalah :

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \dots\dots\dots \text{SKSNI 3.4.5-6.2}$$

dimana :  $A_v$  = luas tulangan geser dalam jarak  $s$ .

- ♦ Perencanaan untuk geser dapat dibagi dalam 5 kategori sebagai berikut :
  1. Kondisi dimana ,  $V_u < 1/2 \cdot \phi \cdot V_c$  maka tulangan geser tidak diperlukan dan hanya dipasang praktis ( PB'89 psl 11.5.5.1 ).
  2. Kondisi dimana ,  $1/2 \cdot \phi \cdot V_u < V_u < \phi V_c$ , maka hanya dipasang tulangan geser minimum saja kecuali untuk unsur-unsur lentur tipis menyerupai slab. Tulangan minimum yang diberikan adalah :  $\phi \cdot V_s = \phi \cdot 1/3$  dimana 1/3 Mpa merupakan nilai minimum  $V_s$  , jadi  $A_v$  dan maksimum jarak sengkang ( PB'89 psl 11.5.5.3 )
  3. Kondisi dimana  $\phi \cdot V_c < V_u < (\phi \cdot V_c + \min \phi V_s)$ . Untuk semua unsur lentur, termasuk semua yang dikecualikan di dalam kategori 2 harus diberikan penguatan geser yang memenuhi persamaan seperti kategori 2.
  4. Kondisi dimana untuk kategori ini, persyaratan penulangan yang dihitung akan melebihi  $\phi V_s$  minimum yang disyaratkan, dan penguatan harus memenuhi rumus berikut :  $\phi V_s = V_u - \phi V_c$  untuk  $\alpha = 90^\circ$  dipasang tulangan, dimana jarak sengkang maksimum adalah  $s$  maksimum = 600 mm.
  5. Kondisi dimana perbedaan antara katagori 4 dan 5 adalah bahwa untuk semua bentang dari balok dengan tegangan nominal  $V_s$  yang harus dipikul oleh penguatan geser berada di antara dan , gaya geser perlu adalah sebesar :  $\phi V_s = V_u - \phi V_c$  . Untuk penulangan sengkang dipakai jarak  $s$  maksimum sebesar 300 mm

Pada lokasi yang berpotensi sendi plastis, spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai di bawah ini ( SK SNI 1991 pasal 3.14.3 - 3.2 ) :

-  $d / 4$

-  $8 \cdot d$  ( delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil )

- 24 . diameter sengkang

$$\frac{1600 \cdot f_{y,l} \cdot A_{s,l}}{(A_{s,a} + A_{s,b}) \cdot f_{y,l}}$$

- dimana :
- As.l = luas satu kaki dari tulangan transversal ( mm<sup>2</sup> )
  - As.a = luas tulangan longitudinal atas ( mm<sup>2</sup> )
  - As.b = luas tulangan longitudinal bawah ( mm<sup>2</sup> )
  - fy = kuat leleh tulangan longitudinal ( MPa )

➤ Penulangan Torsi

Untuk menjamin bahwa penampang sanggup menerima beban torsi (Tu) maka kuat nominal penampang haruslah lebih besar dari torsi yang ada. Perencanaan penampang harus didasarkan pada :

$$T_u \leq \phi \cdot T_n \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI psl 3.4.6 - 5}$$

dimana :

$$T_n = T_c + T_s \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI psl 3.4.6 - 5}$$

φ = faktor reduksi kekuatan = 0,6

Untuk tulangan Torsi :

- Diabaikan, jika  $T_u < T_{u \text{ min}}$

dimana besarnya  $T_{u \text{ min}} = \phi \frac{1}{20} \sqrt{f_c'} \Sigma x^2 \cdot y$

Untuk penampang yang memikul gaya geser dan torsi, maka kuat momen torsi yang mampu dipikul beton adalah sebesar :

$$T_c = \frac{\frac{1}{15} \sqrt{f_c'} \Sigma x^2 \cdot y}{\sqrt{1 + (0,4 \cdot V_u / (C_t \cdot T_u))^2}} \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI 3.4.6 - 6}$$

Tulangan transversal minimum yang disyaratkan untuk kekuatan :

$$\frac{bw}{3 \cdot fy} \leq \frac{Av}{s} + 2 \cdot \frac{At}{s} \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI 3.4.5 -5}$$

Untuk tulangan torsi memanjang dipilih yang terbesar antara :

$$A1 = \frac{2 \cdot At}{s} \cdot (x1 + y1) \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI 3.4.6 -9.3}$$

$$A2 = \left[ \frac{2,8 \cdot s \cdot x}{fy} \left( \frac{Tu}{Tu + (Vu / 3 \cdot Ct)} \right) - 2 \cdot At \right] \frac{x1 + y1}{s}$$

dimana :  $Ct = \frac{bw \cdot d}{\sum x^2 \cdot y}$

Sesuai dengan SK SNI 1991 3.14.3 -3 dan SK SNI 1991 3.14.3 -4 menyebutkan :

Sambungan lewatan dari tulangan lentur hanya diperbolehkan bila sepanjang daerah sambungan lewatan tadi dipasang tulangan sengkang penutup atau tulangan spiral. Jarak maksimum tulangan transversal yang meliliti batang tulangan yang disambung tidak boleh melebihi  $d / 4$  atau 100 mm.

Sambungan lewatan tidak boleh digunakan :

- a. dalam daerah joint
- b. dalam jarak dua kali tingg komponen struktur dari muka joint
- c. pada lokasi dimana analisis menunjukkan terjadinya leleh lentur akibat dari perpindahan lateral inelastis dari rangka.



➤ Contoh Perhitungan Balok Anak

Sebagai contoh perhitungan tulangan balok anak, diambil balok anak BA-3 dengan bentang 5 meter.

Perencanaan Umum Balok

- Tinggi balok (h) = 40 cm.
- Lebar balok (b) = 20 cm.
- Bentang (Lu) = 5 m.
- Beton decking = 40 mm.
- Tulangan sengkang =  $\phi$  10
- Tulangan utama = D 19
- Mutu beton (fc') = 24,61 MPa
- Mutu baja (fy) = 390 MPa

Perhitungan  $\rho$  maks dan  $\rho$  min

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 24,61 \cdot 0,85}{390} \frac{600}{600 + 390} \\ &= 0,0276 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0276 \\ &= 0,0207 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,00358 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 f_c'} \\
 &= \frac{390}{0,85 \times 24,61} \\
 &= 18,64
 \end{aligned}$$

### ➤ Perhitungan Penulangan Lentur Balok Anak

#### a. Pada Tumpuan

$$M_u = 58546000 \text{ N.mm}$$

$$d = 400 - 40 - 10 - 19/2 = 340,5 \text{ mm}$$

direncanakan besarnya  $\delta = 0,5$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{(1 - \delta) M_u}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 58546000}{0,8 \times 200 \times 340,5^2} \\
 &= 1,58
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \delta &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{18,64} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,64 \times 1,58}{390}} \right] \\
 &= 0,0042
 \end{aligned}$$

- rasio tulangan tekan :

$$\begin{aligned}
 \rho' &= \frac{\delta M_u}{\theta f_y (d - d') b d} \\
 &= \frac{0,5 \times 58546000}{0,8 \times 390 \times (340,5 - 59,5) \times 200 \times 340,5} \\
 &= 0,0049
 \end{aligned}$$

- rasio tulangan tarik  $\rho = \rho\delta + \rho'$

$$= 0,0042 + 0,0049 = 0,0091$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0091 \times 200 \times 340,5$$

$$= 619,71 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 3 D 19 (  $A_s \text{ ada} = 850,155 \text{ mm}^2$  )

$$A_s' = \rho' \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0049 \times 200 \times 340,5$$

$$= 333,69 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2 D 19 (  $A_s' \text{ ada} = 506,77 \text{ mm}^2$  )

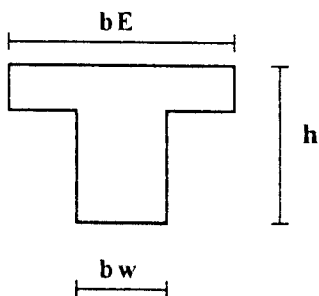
#### b. Pada Lapangan

$$M_u = 50182000 \text{ Nmm}$$

$$d = 400 - 40 - 10 - 19/2$$

$$= 340,5 \text{ mm}$$

Kontrol Balok T :



$$- bE = L / 4$$

$$= 500 / 4 = 125 \text{ cm.}$$

$$\begin{aligned}
 - bE &= bw + 16 t \\
 &= 20 + 16 \times 12 = 212 \text{ cm.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - bE &= bw + Ln \\
 &= 20 + 460 = 480 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi  $bE = 125 \text{ cm}$  (terkecil)

$$R_n = \frac{50182000}{0,8 \times 200 \times 340,5^2} = 2,7$$

$$\rho = \frac{1}{18,64} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,64 \times 2,7}{390}} \right] = 0,007$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,007 \times 200 \times 340,5 = 476,7 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b_e} \\
 &= \frac{473,7 \times 390}{0,85 \times 24,61 \times 1250} \\
 &= 7,1 \text{ mm} < t = 120 \text{ mm} \rightarrow \text{Balok T palsu}
 \end{aligned}$$

Balok diperhitungkan sebagai balok persegi

$$A_s \text{ perlu} = 476,7 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2 D19 (  $A_s \text{ ada} = 506,77 \text{ mm}^2$  )

$$A_s' \text{ perlu} = 0,5 \times A_s \text{ perlu} = 0,5 \times 476,7 = 238,35 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 2 D19 (  $A_s \text{ ada} = 506,77 \text{ mm}^2$  )

## > Penulangan Geser dan Torsi

### ♦ Penulangan Geser

- Gaya geser pada tumpuan :

$$V_{ut} = \frac{1}{2} q_u L$$

$$= \frac{1}{2} \times 2810,208 \times 5$$

$$= 7025 \text{ kg} = 70250 \text{ N}$$

$$\text{- Tulangan geser} = \phi 10$$

$$\text{- } A_v \text{ ada} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 10^2$$

$$= 157,1 \text{ mm}^2$$

#### Sumbangan Kekuatan Geser Beton

$$\phi V_c = \phi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{24,6} \times 200 \times 340,5$$

$$= 33783,36 \text{ N}$$

$$V_u \text{ sejarak } d = 70250 \times \left( \frac{500 - 34,05}{500} \right)$$

$$= 65465,975 \text{ N}$$

$$V_u > \phi V_c \quad \rightarrow \text{ Butuh Tulangan Geser}$$

#### Gaya Geser yang Harus Diterima oleh Tulangan Geser

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c$$

$$= 65465,975 - 33783,36$$

$$= 31682,613 \text{ N}$$

#### Jarak Tulangan Geser yang Dibutuhkan

$$S = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{\phi \cdot V_s}$$

$$= \frac{0,6 \times 157,12 \times 390 \times 340,5}{31682,615}$$

$$= 395,08 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = \frac{d}{2}$$

$$= \frac{340,5}{2}$$

$$= 170,25 \text{ mm}$$

Dipasang Tulangan Geser  $\phi 10 - 150 \text{ mm}$

♦ **Penulangan Torsi Minimum**

$$\begin{aligned} A_v \text{ min} &= \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} \\ &= \frac{200 \times 150}{3 \times 390} \\ &= 25,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_v \text{ ada} = 157,1 \text{ mm}^2 > A_v \text{ min} = 25,64 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan melintang torsi dapat diabaikan

Tulangan Memanjang ( Longitudinal )

$$X1 = 200 - 2 \cdot 40 - 10 = 110 \text{ mm}$$

$$Y1 = 400 - 2 \cdot 40 - 10 = 310 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{b_w}{3 \cdot f_y} ( X1 + Y1 ) \\ &= \frac{200}{3 \times 390} ( 110 + 310 ) \\ &= 71,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Masing-masing sisi dipasang } \frac{1}{3} A_l &= \frac{1}{3} \times 71,8 \\ &= 35,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Desain Akhir Balok Anak**

♦ **Tulangan Atas**

$$\begin{aligned} A_s \text{ total} &= A_s \text{ lentur} + A_l \\ &= 619,71 + 35,9 \\ &= 655,61 \end{aligned}$$

Dipasang Tulangan 3 D 19 (  $A_s \text{ ada} = 850,155 \text{ mm}^2$  )

- ♦ Tulangan Tengah

$$\text{As perlu} = A_l$$

$$= 35,9 \text{ mm}^2$$

Dipasang Tulangan Praktis 2 D12 ( As ada =  $226 \text{ mm}^2$  )

- ♦ Tulangan Bawah

$$\text{As perlu} = \text{As lentur} + A_l$$

$$= 333,9 + 35,9$$

$$= 369,8 \text{ mm}^2$$

Dipasang Tulangan 2 D 19 ( As ada =  $506,77 \text{ mm}^2$  )

### 5.3.3. Kontrol Lendutan

Tabel 3.2.5(a) SKSNI-T-15-1991-03 menyajikan batasan-batasan tebal minimum dengan berbagai kondisi perletakan, dimana bila tebal balok lebih besar dari pada tabel minimum seperti yang disyaratkan tersebut, maka lendutan tidak perlu dihitung.

Syarat tebal minimum untuk balok atau pelat satu arah menurut SKSNI-1991 tabel 3.2.5(a) adalah sebagai berikut :

a. Balok diatas dua tumpuan :

$$h_{\min} = \frac{L_u}{16} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad \text{dimana : } f_y \text{ dalam MPa}$$

b. Balok dengan satu ujung menerus :

$$h_{\min} = \frac{L_u}{18,5} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad \text{dimana : } f_y \text{ dalam MPa}$$

c. Balok dengan ujung menerus dikedua tepinya :

$$h_{\min} = \frac{L_u}{21} \left( 0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \quad \text{dimana: } f_y \text{ dalam MPa}$$

Dari desain awal untuk balok anak, tinggi balok (h) diambil sekitar  $1/14 L_u$ , sehingga praktis lendutan tidak perlu dihitung karena tinggi balok yang ada lebih besar dari tinggi minimum balok sebagai syarat kontrol lendutan.

### 5.3.4. Kontrol Terhadap Retak

Bila tegangan leleh rancang  $f_y$  untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen negatif dan positif maksimum harus diproporsikan sedemikian sehingga nilai  $z$  yang diberikan oleh :

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A} \quad \dots\dots\dots \text{(SKSNI pasal 3.3-4)}$$

Dan tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang didalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana nilai  $f_s$  tidak boleh diambil sebesar 60 % dari kekuatan leleh yang disyaratkan ( $f_s = 0,6 f_y$ ).

- Balok dalam ruangan

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

dimana :

$$\begin{aligned} f_s &= 0,6 \cdot f_y \\ &= 0,6 \times 390 \\ &= 234 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$d_c = 40 + 10 + 0,5 \times 19 = 59,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A &= 2 \cdot d_c \cdot b_w / \text{jumlah tulangan} \\ &= 2 \times 59,5 \times \frac{200}{3} \\ &= 7933,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A} \\ &= 192 \times \sqrt[3]{63 \times 7560} \\ &= 18219,6 \text{ N/mm} = 18,219 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \quad \dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

Jadi retak pada beton tidak perlu diperiksa.



### 5.3.5. Perhitungan Panjang Penyaluran

Penulangan memanjang dan penulangan geser sepanjang balok tidak akan berfungsi jika tidak terjadi kerja sama antara baja tulangan dan beton. Tulangan dapat dianggap berperan dalam suatu struktur beton bertulang jika terjadi aksi lekatan antara baja tulangan dan beton disekelilingnya.

Lekatan antara baja tulangan dan beton ini harus cukup untuk mengembangkan kapasitas tarik atau kapasitas tekan dari baja tulangan hingga mencapai tegangan lelehnya tanpa terjadinya slip. Apabila terjadi slip dibawah beban kerja, maka keruntuhan struktur dapat terjadi.

Untuk menjamin bahwa tidak akan terjadi slip antara beton dan baja tulangan, maka dibutuhkan suatu panjang penanaman tertentu yang dikenal dengan nama panjang penyaluran.

Syarat-syarat tentang panjang penyaluran dan penyambungan tulangan diatur dalam SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.5.

#### a. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Panjang penyaluran dasar tulangan tarik untuk baja tulangan deform D 19 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Ldb &= 0,02 \cdot A_b \cdot \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} && \text{(SKSNI pasal 3.5.2.2)} \\ &= 0,02 \times 283,385 \times \frac{390}{\sqrt{24,61}} \\ &= 445,57 \text{ mm} \approx 45 \text{ cm} \end{aligned}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} Ldb &= 0,06 \cdot d_b \cdot f_y \\ &= 0,06 \times 19 \times 390 \\ &= 444,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Akibat top bat effect (tulangan atas) :

$$\begin{aligned} Ldb &= 1,4 \times ldb \\ &= 1,4 \times 45 = 63 \text{ cm} \end{aligned}$$

**b. Panjang Penyaluran Tulangan Tekan**

Panjang penyaluran dasar untuk tulangan D.25 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Ldb &= \frac{db \cdot fy}{4 \sqrt{fc'}} \quad \dots\dots\dots (\text{SKSNI pasal 3.5.3.2}) \\ &= \frac{22 \times 390}{4 \times \sqrt{24,61}} \\ &= 373,42 \text{ mm} = 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} Ldb &= 0,04 \cdot db \cdot fy \\ &= 0,04 \times 19 \times 390 \\ &= 296,4 \text{ mm} = 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

**c. Panjang Penyaluran Kait Standar Dalam Tarik**

Panjang penyaluran dasar kait standar (hook) dari tulangan D 19 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Lhb &= 100 \cdot \frac{db}{\sqrt{fc'}} \quad \dots\dots\dots (\text{SKSNI pasal 3.5.5.2}) \\ &= 100 \times \frac{19}{\sqrt{24,61}} \\ &= 382,99 \text{ mm} = 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

Panjang penyaluran hook :

$$\begin{aligned} Ldh &= Lhb \cdot \left(\frac{f_y}{400}\right) \cdot (0,7) \\ &= 400 \times \left(\frac{390}{400}\right) \times (0,7) \\ &= 273 \text{ mm} = 28 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} Ldh &= 8 \cdot db \\ &= 8 \times 19 \\ &= 152 \text{ mm} = 160 \text{ mm} = 16 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### d. Panjang Penyaluran Dari Tulangan Momen Positif

Paling sedikit sepertinya dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang tertumpu pada dua tumpuan dan seperempat dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang menerus harus diterima ke dalam tumpuan paling sedikit sepanjang (menurut SKSNI) :

$$\begin{aligned} - 150 \text{ mm} &= 15 \text{ cm} \\ - d &= 340,5 \text{ mm} \approx 35 \text{ cm} \quad \text{..... (menentukan)} \\ - 12 \cdot db &= 12 \times 19 \\ &= 228 \text{ mm} = 23 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### e. Panjang Penyaluran Dari Tulangan Momen Negatif

Sepertiga dari tulangan tarik pada momen negatif diteruskan pada jarak terbesar antara (SKSNI pasal 3.5.12) :

$$\begin{aligned} - d &= 340,5 \text{ mm} \approx 35 \text{ cm} \quad \text{..... (menentukan)} \\ - 12 \cdot db &= 12 \times 19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 228 \text{ mm} = 23 \text{ cm} \\ - \frac{L_n}{16} &= \frac{460}{16} \\ &= 28,75 \text{ cm} = 29 \text{ cm} \end{aligned}$$

## BAB VI

### ANALISA STRUKTUR UTAMA

Struktur utama dari gedung ini dianalisa sebagai bentuk open frame yang meliputi shear wall, balok-balok induk dan kolom-kolom sebagai elemen utama ,yang direncanakan akan menerima beban gravitasi dan beban lateral akibat gempa.

Gaya - gaya dalam dari struktur utama gedung ini diperoleh dengan menganalisa secara dinamis dengan bantuan program bantu SAP 90 versi 5.20. Segala sesuatu yang berhubungan dengan program bantu SAP 90 akan diuraikan lebih lanjut dibawah ini. Referensi yang digunakan adalah " *SAP 90, A Series of Computer Programs for the Statics and Dynamic Finite Element Analysis of Structures , Users Manual* " by Edward L. Wilson and Ashraf Habibullah, July 1989.

#### 6.1. DATA SATUAN DAN MATERIAL

Seluruh satuan yang dipakai dalam analisa struktur utama ini adalah:

- dimensi gaya : Ton
- dimensi panjang : M
- dimensi waktu : detik

Material yang dipakai dalam analisa struktur utmam gedung ini adalah :

- Jenis bahan : Beton Bertulang
- Berat volume :  $2400 \text{ Kg/m}^3$
- Mutu beton kolom : K-300
- Mutu beton balok : K-300
- Mutu tulangan kolom: U-39

- Mutu tulangan balok: U- 39

## 6.2. PEMBEBANAN STRUKTUR UTAMA

Kombinasi pembebanan yang dipergunakan dalam struktur utama didasarkan pada SKSNI '91 pasal 3.2.2 yaitu :

1. Kuat perlu ( U ) yang menahan beban mati D dan beban hidup L paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1.2 D + 1.6 L \quad (\text{SKSNI '91 psl 3.2-1})$$

2. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa ( E ) harus diperhitungkan dalam perencanaan , maka nilai U diambil sebesar :

$$U = 1.05 ( D + L_r + E ) \quad (\text{SKSNI '91 psl 3.2-4a})$$

dimana :

- D adalah beban mati yang terdiri dari beban mati pelat dan balok anak
- L adalah beban hidup yang terdiri dari beban hidup pelat
- L<sub>r</sub> adalah beban hidup yang telah direduksi sesuai dengan persyaratan PPIUG '83 tabel 3.3 yang menyebutkan bahwa untuk peninjauan gempa maka beban hidup untuk hotel boleh direduksi dengan koefisien reduksi 0,3.
- E adalah beban gempa yang harus dikalikan dengan faktor jenis struktur ( K ) yang sesuai. Untuk tingkat daktilitas tiga, nilai K = 1.

## 6.3. PEMODELAN STRUKTUR

Struktur utama dari gedung ini dimodelkan sebagai portal terbuka ( open frame ) dengan perletakan jepit pada dasar kolom.

Struktur utama dianalisa secara tiga dimensi dengan analisa dinamis dengan kombinasi pembebanan yang disyaratkan dalam SKSNI '91.

Untuk menyalurkan gaya lateral ke kolom - kolom , maka lantai dianggap sebagai diafragma yang kaku ( rigid floor diaphragma ).Jadi seluruh joint ( pertemuan elemen-elemen frame ) dalam satu bidang lantai dianggap tidak dapat bergerak relatif satu terhadap lainnya.

Displacement dari joint - joint tersebut ( dependent joints ) bergantung pada displacement dari Master Joint , yaitu suatu joint yang menggambarkan atau mewakili tingkah laku suatu diafragma dimana letak Master Joint ini ditentukan berdasarkan perhitungan pusat massa dari tiap-tiap lantai.

#### 6.4. INPUT DATA SAP 90

Berikut ini akan dijelaskan secara singkat mengenai input data struktur utama yang dibuat berdasarkan buku petunjuk ( User Manual ) dan program hasil perencanaan dari gedung ini dengan bantuan SAP 90 yang berhubungan dengan analisa struktur ini.

##### a. TITLE LINE

Berisi satu baris kalimat maksimal 80 karakter sebagai identifikasi dari input data SAP 90.

##### b. SYSTEM Data Block

Block data ini menjelaskan tentang kontrol informasi yang berhubungan dengan struktur yang akan dianalisa .

L : menyatakan jumlah Load Condition

V : menyatakan jumlah Eigen Value, yaitu jumlah dari mode shape yang akan dihitung pada analisa eigen value dan kemudian dimasukkan ke analisa ragam spektrum

T: menyatakan toleransi konvergen dari eigen analysis default  
T=0.0001

PPTGIUG 1983 menyatakan bahwa jumlah mode shape tidak perlu diambil lebih dari jumlah lantai dikurangi satu. Berdasarkan uraian tersebut diatas maka nilai eigen value (  $V$  ) pada analisa ini diambil sebesar 7. Jadi kita akan mendapatkan 7 buah mode shape yang berbeda.

**c. JOINTS Data Block**

Memuat informasi tentang letak koordinat titik-titik pada struktur dalam sumbu global X , Y , Z . Pendefinisian joints ini bertujuan untuk membuat geometri dari struktur yang akan dianalisa.

**d. RESTRAINTS Data Block**

Memuat informasi mengenai derajat kebebasan ( DOF ) tiap-tiap joints apakah dilepas ( 0 ) atau dikekang ( 1 ).

- Perletakan jepit       $R = 1,1,1,1,1,1$
- Dependent joint       $R = 1,1,0,0,0,1$
- Master Joints         $R = 0,0,1,1,1,0$

**e. MASSES Data Block**

Memuat informasi mengenai massa dan momen inersia massa ( MMI ) dari tiap-tiap lantai yang dinyatakan dalam bentuk

$$M = m_x, m_y, m_z, m_{rx}, m_{ry}, m_{rz}$$

Momen inersia massa tiap lantai dapat dihitung dengan rumus :

$$MMI = \frac{M}{12} (b^2 + d^2) + M D^2$$

dimana :

- M      = Massa total dari segmen yang ditinjau
- b      = lebar dari tiap segmen yang ditinjau



- d = panjang dari tiap segmen yang ditinjau
- D = jarak dari titik pusat segmen yang ditinjau terhadap titik pusat total segmen

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan massa, pusat massa, dan massa momen inersia dari tiap-tiap lantai adalah sebagai berikut :

- Hitung massa total dari tiap-tiap lantai yang meliputi massa pelat, balok, kolom, beban tembok, dan beban-beban lainnya yang berhubungan ( satuan kg ).
- Hitung letak titik pusat massa, dengan cara mengambil suatu titik referensi, kemudian baru dihitung statis momen terhadap titik referensi tersebut.
- Bagi statis momen tersebut dengan massa total dari lantai tersebut, sekarang kita telah mendapatkan letak pusat massa dari lantai tersebut.
- Hitung momen inersia massa dari setiap elemen - elemen lantai tersebut terhadap titik pusat massa dengan rumus yang tertulis di atas.

#### f. FRAME Data Block

Memuat informasi mengenai data-data dari elemen-elemen batang ( frame ) tiga dimensi pada struktur yang dianalisa meliputi lokasi, property, dan beban yang bekerja pada setiap elemen.

NM : Number of Material, menyatakan jumlah material yang digunakan dalam analisa struktur

NL : Number of Load Identification, menyatakan jumlah macam beban yang ada pada struktur

Penulisan macam pembebanan dibedakan antara beban mati dan beban hidup yang nantinya akan dikombinasikan dalam COMBO Block Data.

**g. SPEC Data Block**

Memuat informasi mengenai data - data yang berhubungan dengan analisa dinamis yang menggunakan analisa respons spektrum.

A = Sudut eksitasi ( satuan derajat )

= 73.3 yaitu 100 % arah sumbu global y dan 30 % arah sumbu global x

= 16.7 yaitu 30 % arah sumbu global y dan 100 % arah sumbu global x

S = Faktor skala respons spectrum

= 9.81 m/s<sup>2</sup>

D = Damping ratio

= 5 % = 0.05 ( untuk gedung beton bertulang )

Untuk data respons spectrum pada zone 3 tanah lunak, diambil dari PPGIUG '83 .

**h. COMBO Data Block**

Memuat informasi mengenai kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisa struktur utama, yang didasarkan pada SKSNI '91 pasal 3.2.2 :

1. 1.2 DL + 1.6 LL

( akibat beban mati dan beban hidup )

2. 1.05 ( DL + LL + E )

( akibat beban mati + beban hidup + gempa )

3. D = 1.05

( akibat beban gempa saja )

Input data struktur utama dan hasil plot dari gedung ini dapat dilihat pada akhir bab ini.

Sehubungan hasil dari output dari struktur utama yang terlalu banyak sehingga tidak dilampirkan, tetapi hasil outputnya langsung dimasukkan dalam tabel perhitungan balok induk dan kolom.

## BAB VII

### PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA

Dalam Tugas Akhir ini penulangan struktur utama gedung Hotel Mutiara ini direncanakan dengan menggunakan metode daktilitas tingkat tiga ( Daktilitas Penuh ), atau yang lebih dikenal dengan istilah Desain Kapasitas, yaitu struktur beton diproporsikan berdasarkan suatu persyaratan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberikan respon inelastis terhadap beban siklis gempa yang bekerja dan mampu menjamin pengembangan mekanisme sendi plastis dengan kapasitas disipasi energi yang diperlukan tanpa mengalami keruntuhan.

Karena itu keruntuhan yang terjadi pada balok harus bersifat daktil yaitu akibat keruntuhan lentur, bukan karena keruntuhan geser. Hal ini bertujuan untuk memberikan peringatan sebelum terjadinya keruntuhan, yaitu dengan terjadinya perubahan bentuk. Dengan demikian terjadinya mekanisme sendi plastis harus dikendalikan atau dipaksakan agar terjadi di tempat-tempat yang diinginkan (pada balok), dengan cara meningkatkan unsur-unsur yang berbatasan dengannya yaitu pada kolom. Pengertian ini mengandung arti yaitu " Strong Column Weak Beam " ( Kolom Kuat Balok Lemah ).

Dalam perencanaan struktur gedung dengan daktilitas penuh, kolom harus direncanakan lebih kuat dari baloknya, dengan memperhitungkan pengaruh terbentuknya sendi plastis pada ujung balok kiri dan kanan kolom dan pengaruh overstrength balok. Dengan demikian struktur harus mampu melakukan perubahan secara daktil, dengan memencarkan energi gempa dan membatasi gaya gempa yang masuk ke dalam struktur utama. Untuk pemencaran energi itu ditandai

dengan terbentuknya sendi-sendi plastis pada tempat-tempat yang telah direncanakan, yaitu pada balok. Beban rancang lateral dasar yang disebabkan oleh gempa ditetapkan pada PPTGIUG'83 harus diperhitungkan faktor jenis struktur (K) sebesar 1.

## 7.1. PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK INDUK

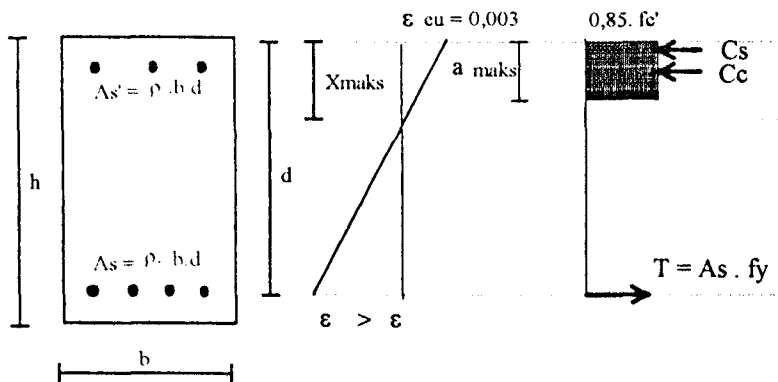
### 7.1.1. Perhitungan Lentur Balok Induk

Penulangan lentur balok dilakukan berdasarkan atas kekuatan penampang dari struktur, ukuran, mutu dan pengaturan tulangan telah memberikan kekuatan momen kapasitas yang disediakan oleh penampang. Dalam perencanaan balok induk ini dipakai tulangan rangkap, yaitu penampang persegi dengan tulangan tarik dan tekan. Untuk perhitungan tulangan lentur pada lapangan, pada momen positif balok dianalisa sebagai balok T, sedangkan pada momen negatif balok dianalisa sebagai balok persegi biasa.

Pada prinsipnya perhitungan penulangan lentur balok induk, hampir sama dengan penulangan lentur pada balok anak, hanya pada penulangan lentur pada balok induk banyak dijumpai momen yang berbalik arah akibat beban gempa. Sehingga penulangannya berdasarkan masing-masing arah momen yang terjadi dengan kondisi sistem penulangan sebagai berikut :

1. Apabila  $\rho$  perlu  $<$   $\rho$  maks, maka tulangan tekan dipasang praktis saja.
2. Apabila  $\rho$  perlu  $>$   $\rho$  maks, maka tulangan tekan dibutuhkan untuk menambah kekuatan.

Balok persegi dengan tulangan ganda :



Gambar 7.1 Penampang persegi dengan tulangan rangkap

Sebagai contoh perhitungan diambil balok induk pada lantai 1 elemen 1060, dengan data sebagai berikut :

- Dimensi balok :      Lebar ( $b$ )        = 400 mm
- Tinggi ( $h$ )       = 600 mm
- Selimut beton                   = 40 mm
- Sengkang                         =  $\phi$  12
- Mutu beton ( $f_c'$ )               = 24,61 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ )                = 390 MPa
- Es                                 = 200000 MPa
- $d = 600 - (40 + 12 + \frac{25}{2})$     = 535,5 mm
- $d' = 40 + 12 + \frac{25}{2}$             = 64,5 mm

Dari analisa struktur utama dengan menggunakan SAP 90 diperoleh gaya-gaya yang bekerja pada balok sebagai berikut :

A. Pada Tumpuan

- Tulangan Tumpuan Negatif

$$\begin{aligned} Mu^- &= 56,940 \text{ tm} \\ &= 569.400.000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

dipakai  $\delta = 0,5$  ( SKSNI 1991 pasal 3.14.3.2 )

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{(1 - \delta) Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{(1 - 0,5) \times 569400000}{0,8 \times 400 \times 535,5^2} \\ &= 3,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho\delta &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 24,6}{390} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,1}{0,85 \times 24,61}} \right) \\ &= 0,00865 \end{aligned}$$

Rasio tulangan tekan :

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{\delta \cdot Mu}{\phi \cdot f_y \cdot (d - d') \cdot b \cdot d} = \frac{0,5 \times 569400000}{0,8 \times 390 \times (535,5 - 64,5) \times 400 \times 535,5} \\ &= 0,009 \end{aligned}$$

Menghitung tulangan tarik dan tekan pada tumpuan.

- Tulangan tumpuan atas :

$$\text{rasio tulangan tarik} = (\rho\delta + \rho') = (0,00865 + 0,009)$$

$$\rho = 0,01765 > \rho_{\min} = 0,0036$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d = 0,01765 \times 400 \times 535,5 \\ &= 3780,63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 8 D25 (  $A_s$  ada =  $3925 \text{ mm}^2$  )

- Tulangan tumpuan bawah :

$$\begin{aligned} A_s' &= \rho' \cdot b \cdot d = 0,009 \times 400 \times 535,5 \\ &= 1927,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 4 D25 (  $A_s' \text{ ada} = 1962,50 \text{ mm}^2$  )

- Tulangan Tumpuan Positif

$$\begin{aligned} M_u^+ &= 22,69 \text{ tm} \\ &= 226900000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

dipakai  $\delta = 0,5$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{(1 - \delta)M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{(1 - 0,5) 226900000}{0,8 \times 400 \times 535,5^2} \\ &= 1,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho\delta &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 24,61}{390} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,29}{0,85 \times 24,61}} \right) \\ &= 0,0033 \end{aligned}$$

Rasio tulangan tekan :

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{\delta \cdot M_u}{\phi \cdot f_y \cdot (d - d') \cdot b \cdot d} \\ &= \frac{0,5 \times 226900000}{0,8 \times 390 \times (535,5 - 64,5) \times 400 \times 535,5} \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

Menghitung tulangan tarik dan tekan pada tumpuan .

- Tulangan tumpuan atas :

$$\begin{aligned} \text{rasio tulangan tarik} &= (\rho\delta + \rho') = 0,0033 + 0,0036 \\ \rho &= 0,0069 > \rho_{\min} = 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d = 0,0069 \times 400 \times 535,5 \\ &= 1477,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 4 D25 (  $A_s$  ada = 1962,5 mm<sup>2</sup> )

- Tulangan tumpuan bawah

$$\begin{aligned} A_s' &= \rho' \cdot b \cdot d = 0,0036 \times 400 \times 535,5 \\ &= 771,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 2 D25 (  $A_s'$  ada = 982 mm<sup>2</sup> )

Dalam hal ini tulangan terpasang diambil berdasarkan harga maksimum dari 2 jenis tumpuan di atas. Sehingga diperoleh :

Tulangan atas : 8 D25 (  $A_s$  ada = 3925 mm<sup>2</sup> )

Tulangan bawah : 4 D25 (  $A_s'$  ada = 1962,5 mm<sup>2</sup> )

Cek kondisi tulangan tekan :

$$\rho - \rho' \left( 1 - \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \right) \geq 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c' \cdot d'}{f_y \cdot d} \left( \frac{600}{600 - f_y} \right)$$

$$0,01765 - 0,009 \times \left( 1 - \frac{0,85 \times 24,6}{390} \right) = 0,0091$$

$$0,85 \times 0,85 \times \frac{24,6 \times 64,5}{390 \times 535,5} \left( \frac{600}{600 - 390} \right) = 0,0157$$

Karena  $0,009 < 0,0157$  , maka tulangan tekan tidak leleh,  $f_s' \neq f_y$  jadi harus diselesaikan melalui persamaan ABC dimana :

$$\begin{aligned} A &= 0,85 f_c' \beta_1 b \\ &= 0,85 \times 24,61 \times 0,85 \times 400 \\ &= 7112,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= b d f_y [ \rho' ( 600/f_y - 1/m ) - \rho ] \\ &= 400 \times 535,5 \times 390 [ 0,009 \times (600/390 - 1/18,64) - 0,01765 ] \\ &= - 358143,89 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= -600 \rho' b d d' \\ &= -600 \times 0,009 \times 400 \times 535,5 \times 64,5 \end{aligned}$$



$$= -74605860$$

Selanjutnya didapat nilai  $x = 130,64$  mm, sehingga nilai  $f_s'$  adalah :

$$f_s' = 600 \frac{x - d'}{x} - 0,85 f_c'$$

$$= 600 \frac{130,64 - 64,5}{130,64} - 0,85 \times 24,61 = 282,8$$

Check terhadap tulangan tarik maksimum

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 24,61}{390} \times 0,85 \left( \frac{600}{600 + 390} \right) = 0,0276$$

$$A_s \text{ pakai} \leq A_s \text{ maks} = 0,75 \rho_b b d + \frac{f_s'}{f_y} A_s'$$

$$3925 \leq 0,75 \times 0,0276 \times 400 \times 535,5 + \frac{282,8}{390} 1962,5$$

$$3925 \leq 5857,2 \dots\dots\dots\text{OK}$$

Maka jumlah tulangan telah memenuhi syarat tarik dan tidak perlu diubah

Check kuat lentur

$$a = \beta_1 x$$

$$= 0,85 \times 130,64 = 111,04 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 f_c' a b$$

$$= 0,85 \times 24,61 \times 111,04 \times 400 = 929116 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' ( f_s' - 0,85 f_c' )$$

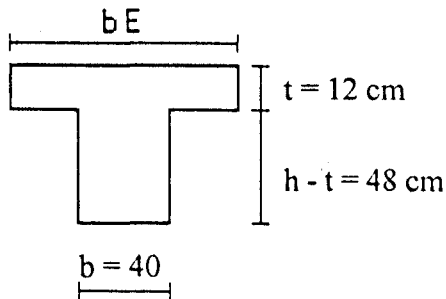
$$= 1962,5 \times ( 282,8 - 0,85 \times 24,61 ) = 513942,44 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_s (d - d') + C_c (d - a/2) \\
 &= 513942,44 \times (535,5 - 64,5) + 929116 \times (535,5 - 111,04/2) \\
 &= 688023988,7
 \end{aligned}$$

Jadi  $M_n = 688023988,7 > M_u = 569400000$  Nmm .....OK

Maka tulangan yang dipakai telah memenuhi syarat kuat lentur.

### B. Pada Lapangan



Cek kondisi penampang balok :

$$\begin{aligned}
 1. \quad bE &\leq \frac{1}{4} \cdot L \\
 &\leq \frac{1}{4} \times 600 = 125 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad bE &\leq b_w + 16 \cdot t \\
 &\leq 40 + 16 \times 12 = 232 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \quad bE &\leq b_w + L_n \\
 &\leq 40 + 570 = 610 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dipilih yang terkecil,  $bE = 125$  cm

$$\begin{aligned}
 M_u^+ &= 19,60 \text{ tm} \\
 &= 196.000.000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{196000000}{0,8 \times 400 \times 535,5^2}
 \end{aligned}$$

$$= 2,135$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 24,6}{390} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,135}{0,85 \times 24,6}} \right) \\ &= 0,00580 > \rho_{\min} = 0,0036 \end{aligned}$$

dipakai  $\rho = 0,0058$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\rho \cdot d \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{0,0058 \times 535,5 \times 390}{0,85 \times 24,61} \\ &= 57,7 \text{ mm} < t \text{ pelat} = 120 \text{ mm} \implies \text{jadi balok T palsu} \end{aligned}$$

Berarti penulangan seperti balok persegi, hanya mengganti harga b menjadi bE

$$R_n = 0,392$$

$$\rho = 0,001 < \rho_{\min}$$

$$\text{Dipakai } \rho_{\min} = 0,0036$$

- Tulangan lapangan bawah :

$$\begin{aligned} A_s &= 0,0036 \times 400 \times 535,5 \\ &= 771,12 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3 D25 (  $A_s \text{ ada} = 1471,875 \text{ mm}^2$  )

- Tulangan lapangan atas :

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,6 \times 771,12 \\ &= 462,672 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3 D25 (  $A_s' \text{ ada} = 1471,875 \text{ mm}^2$  )

Tulangan bawah : 3 D25 ,  $A_s \text{ ada} = 1471,875 \text{ mm}^2$

Tulangan atas : 3 D25 ,  $A_s' \text{ ada} = 1471,875 \text{ mm}^2$

7.1.2. Perhitungan Geser dan Torsi Balok

Gaya geser balok ( $V_u$ ) diperoleh dengan menganggap kedua ujung balok dalam keadaan kapasitas dan tidak terjadi keruntuhan geser.

Gaya geser rencana harus diperhitungkan menurut rumus berikut :

$$V_{u,b} = 0,70 \frac{M_{kap} + M_{kap}'}{l_n} + 1,05 V_g \quad \dots\dots\dots \text{ ( SKSNI 3.14-19 )}$$

tetapi dalam segala hal,

$$V_{u,b} = 1,05 \left( V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4,0}{K} V_{E,b} \right) \quad \dots\dots\dots \text{ ( SKSNI 3.14-20 )}$$

dimana :

- $V_{u,b}$  = gaya geser rencana balok.
- $M_{kap}$  = momen nominal aktual pada ujung komponen dengan memperhitungkan kombinasi momen positif dan momen negatif.
- $M_{kap}'$  = momen kapasitas balok di sendi plastis pada bidang muka kolom disebelahnya.
- $l_n$  = bentang bersih balok.
- $V_g$  = gaya geser akibat beban grafitasi
- $V_D$  = gaya geser balok akibat beban mati.
- $V_L$  = gaya geser balok akibat beban hidup.
- $V_E$  = gaya geser balok akibat beban gempa.

Konsep dari penulangan geser adalah untuk menahan agar keruntuhan yang tidak daktail, tidak terjadi sebelum balok mengerahkan kekuatan lenturnya.

Kuat geser rancang balok harus memenuhi syarat :

$$V_u \leq \phi (V_c + V_s) \quad \dots\dots\dots \text{SKSNI (3.4-1) \& (3.4-2)}$$

dimana :

- $V_c$  = kuat geser beton (untuk daerah sendi plastis 0 s/d 2h,  $V_c=0$ )
- $V_s$  = kuat geser tulangan geser
- $\phi$  = faktor reduksi kekuatan untuk geser balok yang diambil sebesar 0,6

Kekuatan pikul beton terhadap geser :

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d}{\sqrt{1 + \left( 2,5 \cdot C_t \left( \frac{T_u}{V_u} \right)^2 \right)}} \quad \dots\dots\dots \text{(SKSNI 3.4-5)}$$

bila  $\phi V_c < V_u$ , maka diperlukan tulangan geser sebesar :

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi \cdot d \cdot f_y}$$

Demikian pula tulangan terhadap kuat rancang torsi balok harus memenuhi syarat :

$$T_u \leq \phi T_n \quad \dots\dots\dots \text{(SKSNI 3.4-20)}$$

$$T_n = T_c + T_s \quad \dots\dots\dots \text{(SKSNI 3.4-21)}$$

Untuk tulangan torsi :

- Diabaikan jika  $T_u < T_{u \text{ min}}$
- dimana besarnya  $T_{u \text{ min}} = \phi \frac{1}{20} \sqrt{f_c'} \Sigma x^2 y$

Kekuatan pikul beton terhadap torsi :

$$T_c = \frac{\frac{1}{15} \sqrt{f_c'} \Sigma x^2 y}{\sqrt{1 + \left( 0,4 \frac{V_u}{C_t \cdot T_u} \right)}} \quad \dots\dots\dots \text{(SKSNI 3.4-22)}$$

Bila  $\phi T_c < T_u$ , maka diperlukan tulangan torsi sebesar :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u - \phi T_c}{\phi \alpha_t x_1 y_1 f_y} \quad \dots\dots\dots \quad ( \text{SKSNI 3.4-23} )$$

Tulangan transversal minimal yang diisyaratkan untuk kekuatan :

$$\frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} \geq \frac{b_w}{3 f_y} \quad \dots\dots\dots \quad ( \text{SKSNI 3.4-14} )$$

Untuk tulangan torsi memanjang, dipilih yang terbesar antara :

$$A_1 = \frac{2 A_t}{s} (x_1 + y_1)$$

$$A_2 = \left[ \frac{2,8 s x}{f_y} \left( \frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3 C_t}} \right) - 2 A_t \right] \frac{x_1 + y_1}{s}$$

**Perhitungan Momen Kapasitas**

Momen kapasitas balok dihitung dengan rumus dibawah ini :

$$M_{kap,b} = \phi_0 M_{n_{ak,b}}$$

dimana :

- $M_{kap,b}$  = momen kapasitas balok (overstrength moment)
- $\phi_0$  = overstrength factor (faktor penambahan kekuatan) yang memperhitungkan pengaruh penambahan kekuatan maksimal dari tulangan terhadap kuat leleh yang ditetapkan, diambil sebesar 1,25 untuk tulangan dengan  $f_y \leq 400$  MPa, dan sebesar 1,40 untuk  $f_y \geq 400$  MPa.
- $M_{n_{ak,b}}$  = kuat momen lentur nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan aktual pada penampang balok yang ditinjau.

### Tulangan Longitudinal Balok

Batasan-batasan yang digunakan dalam perhitungan tulangan longitudinal berdasarkan SKSNI 3.14.3.2(1) yaitu :

1. Minimum 2 batang menerus sepanjang balok, dengan jumlah dari tulangan atas maupun bawah tidak boleh kurang dari  $\rho$  min (untuk menjamin putaran daktilitas - curvature ductility).
2. Pada sisi muka joint, kuat momen positif tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat momen negatif. Atau secara pendekatan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\rho_{\text{bawah}} \geq \frac{1}{2} \rho_{\text{atas}}$$

3. Pada sebarang penampang dari balok, kuat momen positif maupun kuat momen negatifnya tidak boleh kurang dari 1/4 kuat momen maksimum yang terdapat pada kuat ujung joint. Atau secara konservatif dapat dikatakan :  
 $\rho_s, \text{atas atau bawah} \geq 1/4 \rho_{s, \text{max diujung}}$
4. persyaratan No. 2 dan No. 3 diperlukan untuk menjamin tercapainya tingkat daktilitas rencana didaerah sendi plastis. Disamping itu persyaratan ini diperlukan untuk kuat lentur yang cukup terhadap beban berbalik (reversed action).

### Tulangan Transversal Balok

Pemasangan tulangan transversal yang memadai di daerah sendi plastis diperlukan agar kapasitas disipasi energi maksimum dapat tercapai. Dalam hal ini tulangan transversal berfungsi untuk :

1. Menahan gaya geser sehingga balok dapat mencapai kapasitas lentur.
2. Menjamin kapasitas rotasi pada daerah sendi plastis, yaitu dengan :
  - Mengekang beton pada daerah tekan sehingga mampu meningkatkan deformasi batas dan kekuatan lekatnya.

- Memberikan dukungan lateral bagi tulangan longitudinal sehingga tekuk dapat dihindari.

Senggang penutup yang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari sisi muka komponen struktur pendukung ( SKSNI 3.14.3.3.ayat 2 ).

Spasi maksimum dari sengkang tersebut tidak boleh melebihi :

- 1/4 tinggi komponen struktur.
- 8 diameter tulangan longitudinal terkecil.
- 24 diameter batang sengkang.
- 200 mm
- $\frac{1600 \cdot f_{y,t} \cdot A_{s,t}}{(A_{s,a} + A_{s,b}) \cdot f_{y,l}}$

dimana :

- $A_{s,t}$  = luas satu kaki dari tulangan transversal  $\text{mm}^2$ .  
 $A_{s,a}$  &  $A_{s,b}$  = luas tulangan longitudinal atas dan bawah.  
 $f_{y,l}$  = kuat lemah tulangan longitudinal, MPa.  
 $f_{y,t}$  = kuat lemah tulangan transversal, MPa.

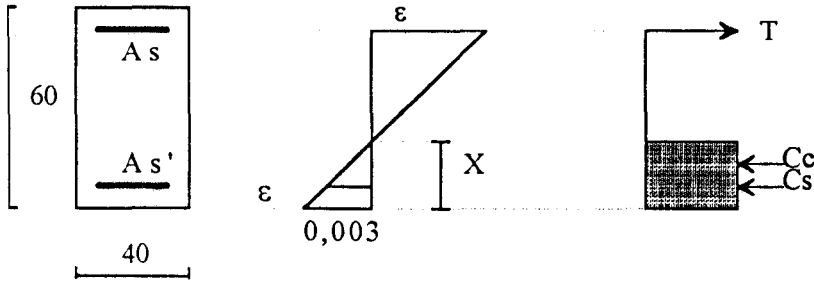
### Contoh Perhitungan Momen Kapasitas Balok.

#### 1. Perhitungan Momen Kapasitas (-) Pada Tumpuan Balok

Elemen 1060:

Karena dianggap besarnya tulangan yang terpasang sama dengan tulangan yang diperlukan, maka nilai momen leleh negatif diperoleh dari momen nominal balok, dimana harus dihitung berdasarkan jumlah tulangan terpakai. Perhitungan Momen Nominal adalah sebagai seperti desain tulangan lentur, tetapi rasio tulangan harus dihitung berdasarkan jumlah tulangan tarik dan tekan aktual.





Asumsi dasar : Tulangan  $A_s'$  (tekan), belum leleh.

$T = C_c + C_s \quad \rightarrow \quad$  bisa didapat X

dimana :  $T = A_s \cdot f_y$   
 $C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot x \cdot b_w$   
 $C_s = (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \cdot A_s'$

Adapun cara menentukan x dan nilai  $f_s'$  adalah seperti dengan analisis penampang persegi.

Maka dengan data tulangan :

- Tulangan atas : 8 D25 ,  $A_s = 3925 \text{ mm}^2$
- Tulangan bawah : 4 D25 ,  $A_s' = 1962,50 \text{ mm}^2$

Anggap tulangan tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh.

$$\epsilon_y = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

$$\epsilon_{s1} = 0,003 \left( 1 - \frac{64,5}{x} \right) < \epsilon_y$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = 0,85 \times 24,61 \times (0,85 \cdot X) \times 400 = 7112,29 \cdot X$$

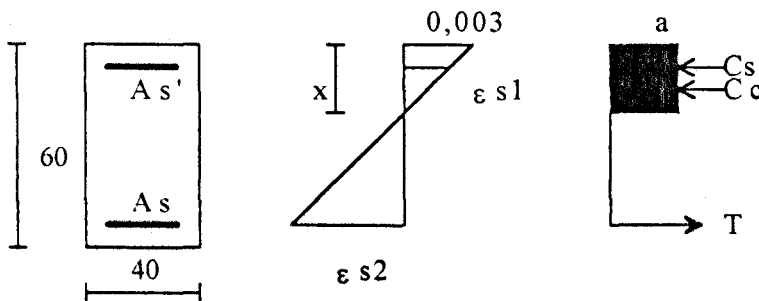
$$C_s = A_s' \cdot (\epsilon_{s1} \cdot E_s - 0,85 \cdot f_c') = 1962,50 \times \left( 0,003 \cdot \left( 1 - \frac{64,5}{x} \right) \cdot 200000 - 0,85 \cdot 24,6 \right) = 1137043,2 - \frac{75.987.450}{x}$$



2. Perhitungan Momen Kapasitas (+) Pada Tumpuan Balok

Elemen 1060 :

Untuk perhitungan Momen Kapasitas (+) adalah hampir sama dengan cara perhitungan Momen Kapasitas (-), dimana dianggap besarnya tulangan yang terpasang sama dengan tulangan yang diperlukan, maka nilai momen leleh negatif diperoleh dari Momen Nominal Balok, dimana harus dihitung berdasarkan jumlah tulangan terpakai. Perhitungan Momen Nominal adalah seperti desain tulangan lentur, tetapi rasio tulangan harus dihitung berdasarkan jumlah tulangan tarik dan tekan aktual.



Asumsi dasar : Garis netral terletak diantara  $\epsilon_{s1}$  dan  $\epsilon_{s2}$ , sehingga  $f_{s1} < f_{s2}$ , adapun posisi garis netral ditentukan dengan persamaan kuadrat.

Dengan cara yang sama dengan cara pada Momen Kapasitas Negatif tumpuan balok, maka didapat :

Letak garis netral,  $x = 74,54$  mm

Cek :

$$\epsilon_{s1} = 0,003 \left( 1 - \frac{64,5}{74,54} \right) = 0,0004 < \epsilon_y = 0,00195$$

Tulangan belum leleh ( OK )

$M_{nak,b} = 377,83$  KNm

$M_{kap,b} = 472,29$  KNm

♦ Perhitungan Penulangan Geser dan Torsi

Dari hasil analisa struktur utama pada balok 1068 dengan menggunakan SAP90 diperoleh :

$$V_g = 7,62 \text{ ton} = 76,2 \text{ KN}$$

$$T_u = 0,01 \text{ t.m} = 100 \text{ N.m}$$

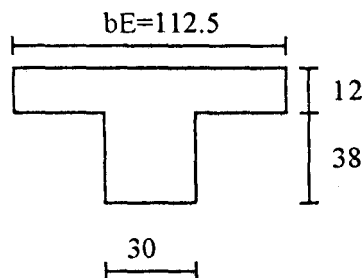
$$\begin{aligned} V_u \text{ maks} &= 1,05 \cdot \left( V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4,0}{K} V_{E,b} \right) \\ &= 264,7 \text{ KN} \end{aligned}$$

Menentukan besarnya gaya geser yang bekerja pada balok :

$$\begin{aligned} 1,05 \cdot V_g &= 1,05 \times 76,2 \\ &= 80,1 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{ub} &= 0,7 \cdot \frac{M_{kap} + M_{kap'}}{l_n} + 1,05 \cdot V_g \\ &= 0,7 \times \frac{455,95 + 282,49}{4,2} + 80,1 \\ &= 202,84 \text{ KN} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $V_u$  rencana = 202,84 KN



$$\begin{aligned} \Sigma x^2 y &= 30^2 \cdot 50 + 2 \cdot (41,25^2 \cdot 12) \\ &= 85837,5 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma x y^2 &= 30 \cdot 38^2 + 112,5 \cdot 12^2 \\ &= 59520 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Diambil yang terbesar  $\Sigma x^2 y = 85837,5 \text{ cm}^2$

$$\begin{aligned}C_t &= \frac{b_w \cdot d}{\Sigma x^2 y} \\ &= \frac{300 \times 435,5}{85837500} \\ &= 0,00152 \text{ mm}^{-1}\end{aligned}$$

Cek kuat torsi :

$$\begin{aligned}T_c &= \Phi \left( \sqrt{f_c'} \Sigma x^2 y \right) \frac{1}{20} \\ &= 0,6 \times \left( \sqrt{24,61} \cdot 85837500 \right) \cdot \frac{1}{20} \\ &= 12774800 \text{ Nmm} \\ &= 12774 \text{ Nm} > T_u = 100 \text{ Nm} \implies \text{Torsi boleh diabaikan}\end{aligned}$$

Kuat geser yang disumbangkan beton :

$$\begin{aligned}V_c &= \frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d}{\sqrt{1 + \left( 2,5 \cdot C_t \cdot \frac{T_u}{V_u} \right)^2}} \\ &= \frac{\frac{1}{6} \sqrt{24,61} \cdot 300 \cdot 435,5}{\sqrt{1 + \left( 2,5 \cdot 0,00152 \cdot \frac{100}{202840} \right)^2}} \text{ KN} \\ &= 107948,1 \text{ N} = 107,948 \text{ KN}\end{aligned}$$

Pada daerah 2h dari muka tumpuan kekuatan beton dalam memikul geser tidak boleh diperhitungkan ( $V_c = 0$ ), untuk menjamin terbentuknya sendi plastis

didaerah itu. Gaya geser rencana yang dipakai adalah gaya geser rencana pada penampang kritis sejauh d.

$$V_{u,b} \text{ terpakai} = 202,84 \cdot \frac{4200 - 435,5}{4200}$$

$$= 181,807 \text{ KN}$$

$$V_s = \frac{V_{u,b} \text{ terpakai}}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{181,807}{0,6} - 0$$

$$= 303,011 \text{ KN}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d}$$

$$= \frac{303011}{320 \times 435,5}$$

$$= 2,17 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Dipakai sengkang,  $\phi 12$  dengan  $A_s = 113,097 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{2 \times 113,097}{2,17}$$

$$= 104,02 \text{ mm}$$

diambil jarak sengkang,  $s = 100 \text{ mm}$

Kontrol spasi maksimum

$$S \text{ maks} \leq \frac{1}{4} d = 108,875 \text{ mm}$$

$$\leq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$\leq 24 \times 12 = 288 \text{ mm}$$

$$\leq 200 \text{ mm}$$

$$S \text{ terpasang} = 100 \text{ mm} < S \text{ maks} = 108,875 \text{ mm} \dots \text{ (OK)}$$

Diluar daerah yang berpotensi sebagai sendi plastis (diluar daerah  $2h$  dari muka tumpuan),  $V_s$  tetap diperhitungkan.

$$V_{u,b} \text{ terpakai} = 202,84 \cdot \frac{4200 - 1000}{4200}$$

$$= 154,544 \text{ KN}$$

$$V_c = 107,948 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 107,948$$

$$= 64,49 \text{ KN}$$

Karena  $V_{u,b}$  terpakai  $> \phi V_c$ , maka dipasang penulangan :

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{(V_u - \phi V_c)}{\phi \cdot f_y \cdot d} \\ &= \frac{(154544 - 64490)}{0,6 \times 320 \times 435,5} \\ &= 1,07 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Pakai sengkang,  $\phi 12$ ,  $A_s = 113,097 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} s &= \frac{2 \times 113,097}{1,07} \\ &= 210,671 \text{ mm} \end{aligned}$$

diambil  $s = 200 \text{ mm}$

Kontrol spasi maksimum :

$$\begin{aligned} S \text{ maks} &\leq \frac{1}{2} d &&= 267,75 \text{ mm} \\ &\leq 8 \times 25 &&= 200 \text{ mm} \\ &\leq 24 \times 12 &&= 288 \text{ mm} \\ &\leq 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$s$  terpasang = 200 mm =  $s$  maks = 200 mm .... OK

## 7.2. KOMPONEN STRUKTUR KOLOM

Dalam perencanaan kolom sebagai komponen struktur yang menerima beban lentur dan aksial tekan, harus memenuhi syarat-syarat yang diatur dalam SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.14.4.1 sebagai berikut :

1. Dimensi penampang terpendek, diukur pada satu garis lurus yang melalui titik berat penampang, tidak boleh kurang dari 300 mm.
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh kurang dari 0,4.
3. Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi penampang kolom yang terpendek tidak boleh lebih besar dari 25. Untuk kolom yang mengalami momen yang dapat berbalik tanda, rasionya tidak boleh lebih besar dari 16. Untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh lebih dari 10.

### 7.2.1. Perencanaan Kolom Terhadap Beban Lentur dan Gaya Aksial

Kuat lentur kolom portal harus dihitung berdasarkan terjadinya kapasitas lentur sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu pada kolom tersebut, yaitu :

$$\sum M_{u,k} \geq 0,7 \omega_d \sum M_{kap,b} \quad \dots\dots\dots (SKSNI 3.14-1)$$

tetapi dalam segala hal

$$\sum M_{u,k} \geq 1,05 \sum \left( M_{D,K} + M_{L,K} + \frac{4,0}{K} M_{E,K} \right) \quad \dots\dots\dots (SKSNI 3.14-2)$$

dan

$$M_{kap,b} = \phi_0 M_{nak,b} \quad \dots\dots\dots (SKSNI 3.14-3)$$



dimana :

$\Sigma M_{u,k}$  = jumlah momen rencana kolom, pada pusat join. Kuat lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial berfaktor yang konsisten dengan arah dari gaya lateral yang ditinjau.

$\omega_d$  = adalah koefisien pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh dari terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan = 1,3

$\Sigma M_{kap,b}$  = jumlah momen kapasitas balok, pada pusat join, yang berhubungan dengan kapasitas lentur aktual dari balok ( untuk jumlah luas tulangan yang sebenarnya terpasang).

$M_{D,K}$  = momen pada kolom akibat beban mati.

$M_{L,K}$  = momen pada kolom akibat beban hidup.

$M_{E,K}$  = momen pada kolom akibat beban gempa dasar ( tanpa faktor pengali tambahan).

$K$  = faktor jenis struktur.

$\phi_0$  = faktor penambahan kekuatan (overstrength factor). Faktor yang memperhitungkan pengaruh penambahan kekuatan maksimal dari tulangan terhadap kuat leleh yang ditetapkan, diambil sebesar 1,25 untuk tulangan dengan  $f_y \leq 400$  MPa, 1,4 untuk  $f_y \geq 400$  MPa.

$M_{nak,b}$  = kuat momen lentur nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan yang sebenarnya ada pada penampang balok yang ditinjau.

Nilai  $\Sigma M_{kap,b}(+)$  dan  $M_{kap,b}(-)$  dikiri dan kanan join yang dihitung bolak-balik untuk arah x dan y. Dalam hal ini dilakukan ekstrapolasi linier terlebih dahulu untuk menentukan nilai momen kapasitas balok pada pusat join, yang dihitung dari muka join sebelah kiri maupun kanan.

$$M_{kap,b}(+) \text{ pusat join} = \frac{L_b}{L_{nb}} M_{kap,b}(+) \text{ muka join.}$$

$$M_{kap,b}(-) \text{ pusat join} = \frac{L_b}{L_{nb}} M_{kap,b}(-) \text{ muka join.}$$

dimana :

$l_b$  = bentang balok dari as ke as balok

$l_{nb}$  = bentang bersih dari balok yang berada disebelah kiri maupun kanan dari join yang ditinjau.

Jadi nilai  $\Sigma M_{kap,b}$  disetiap lantai - i adalah :

$\Sigma M_{kap,b} = \Sigma M_{kap,b}$  yang terbesar pada pusat join.

$\Sigma M_{kap,b} = \Sigma (M_{kap,b}(+) + M_{kap,b}(-))$ .

Apabila kekuatan relatif dari unsur-unsur yang bertemu disetiap join diperhitungkan, maka besarnya nilai  $\Sigma M_{u,k}$  di ujung atas dan ujung bawah kolom pada setiap lantai - i untuk masing-masing arah x dan y adalah :

- Ujung atas lantai - i :

$$\Sigma M_{u,k} \geq 0,7 \omega_d \frac{h}{h_n} \alpha_{ka} \Sigma M_{kap,b (i+1)}$$

- Ujung bawah lantai - i :

$$\Sigma M_{u,k} \geq 0,7 \omega_d \frac{h}{h_n} \alpha_{kb} \Sigma M_{kap,b (i+1)}$$

Nilai faktor distribusi momen dari kolom yang ditinjau,  $\alpha_k$  adalah :

- $\alpha_{ka} = \frac{M_{E,K \text{ lt (i) atas}}}{M_{E,K \text{ lt (i) atas}} + M_{E,K \text{ lt (i+1) bawah}}}$
- $\alpha_{kb} = \frac{M_{E,K \text{ lt (i) bawah}}}{M_{E,K \text{ lt (i) bawah}} + M_{E,K \text{ lt (i-1) atas}}}$

Dimana  $h$  dan  $h_n$  masing-masing adalah tinggi kolom diukur dari as ke as dan tinggi bersih kolom tersebut. nilai  $\frac{h}{h_n}$  diperlukan untuk menentukan  $M_{E,K}$  pada pusat join dengan cara ekstrapolasi linier.

Untuk kolom struktur daktail penuh harus direncanakan dengan gaya aksial rencana  $N_{U,k}$  sebagai berikut :

$$N_{U,k} = \frac{0,7 \cdot R_v \cdot \Sigma M_{kap,b}}{l_b} + 1,05 \cdot N_{g,k}$$

dimana :

$$\begin{aligned} R_v &= \text{faktor reduksi yang dihitung dari :} \\ &= 1 && \text{untuk } 1 < n \leq 4 \\ &= 1,1 - 0,05 n && \text{untuk } 4 < n \leq 20 \\ &= 0,6 && \text{untuk } n > 20 \end{aligned}$$

Dalam hal ini n adalah jumlah lantai tingkat diatas kolom yang ditinjau. Tetapi dalam segala hal :

$$N_{U,K} \leq 1,05 \left( N_{g,k} + \frac{4,0}{K} N_{E,K} \right)$$

dimana :

- Lb = bentang balok, diukur dari pusat join.
- $N_{g,k}$  = gaya aksial akibat beban gravitasi.
- $N_{E,K}$  = gaya aksial akibat beban gempa pada pusat join.

Nilai faktor reduksi  $R_v$  dipakai karena momen kapasitas balok tidak mungkin terjadi secara menyeluruh dan atau saat yang bersamaan.

♦ Penulangan Lentur Kolom

Penulangan lentur kolom didasarkan pada beban aksial dan momen yang bekerja pada elemen kolom.

\* Perhitungan Kelangsingan kolom

$$\text{Rumus} \quad : k \cdot \frac{Lu}{r}$$

dimana :

- k = faktor panjang efektif
- r = radius girasi, pada komponen struktur tekan persegi boleh diambil sama dengan 0,3 kali dimensi total dalam arah stabilitas yang ditinjau, dan sama dengan 0,25 kali diameter untuk komponen struktur tekan bulat (SKSNI 3.3.11.2(3))
- Lu = tinggi bersih dari komponen struktur tekan

Berdasarkan SKSNI-T-15-1991-03 3.3.11.2 (1-2), komponen struktur tekan dibedakan menjadi dua :

- ♦ Struktur dengan pengaku (Braced Frame)

Faktor panjang efektif  $k$  harus diambil sama dengan 1, kecuali bila analisis menunjukkan bahwa suatu nilai yang lebih kecil boleh digunakan.

- ♦ Struktur tanpa pengaku (Unbraced Frame)

Faktor panjang efektif  $k$  harus ditentukan dengan mempertimbangkan pengaruh dari keretakan dan tulangan terhadap kekakuan relatif dengan bantuan nomogram (grafik alignment) dengan prosedur pemakaian grafik sebagai berikut:

$$y = \frac{\frac{\sum EI}{L \cdot \text{kolom}^2}}{\frac{\sum EI}{L \cdot \text{balok}^2}}$$

untuk perletakan sendi  $y = 10$

untuk perletakkan jepit  $y = 0$

Untuk tumpuan atas ( $y_A$ ) dan bawah ( $y_B$ ), dari kedua nilai  $y$  diatas dihubungkan, maka didapatkan nilai  $k$ .

- ♦ Batasan Perbandingan Kelangsingan

Pengaruh kelangsingan dapat diabaikan jika memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.11.4) :

- a. Portal dengan pengaku :

$$\frac{k \cdot Lu}{r} < 34 - 12 \cdot \frac{M1b}{M2b}$$

- b. Portal tanpa pengaku :

$$\frac{k \cdot Lu}{r} < 22$$

dengan :

$$[M1b] < [M2b]$$

$\frac{M1b}{M2b}$  bernilai positif untuk kelengkungan tunggal

- Bila bidang momen lentur mempunyai momen maksimum tidak pada ujung, maka nilai  $\frac{M1b}{M2b}$  diambil = 1
- Juga bila pada kedua ujung tidak ada / tidak diketahui besar momennya, nilai  $\frac{M1b}{M2b}$  diambil = 1

♦ **Perhitungan Kolom Pendek**

1. Bila kolom beban konsentris untuk ( $e < 0,10 h$ )

Persyaratan :

$$P_n \geq \frac{P_u}{\Phi}$$

Dari pasal 10.3.5.2 (dengan tulangan spiral) :

$$P_n \max = 0,85 [0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}]$$

Dari kedua syarat diatas (1 dan 2) didapat desain  $A_{st}$  yang dibutuhkan.

2. Kolom dengan  $e < e_{\min}$

hitung :  $\frac{P_n}{f_c' \cdot A_g}$  dan  $\frac{M_n}{f_c' \cdot A_g h}$

Dari diagram interaksi yang diperoleh  $\rho$  yang diperlukan.

♦ **Perhitungan Kolom Panjang (bahaya tekuk)**

Untuk komponen struktur tekan dimana pengaruh kelangsingan tidak boleh diabaikan dan  $\frac{k \cdot L_u}{r} < 100$ , struktur tersebut boleh diperhitungkan dengan metode pembesaran momen pada SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.11.5

♦ Metode Pembesaran momen

1. Untuk braced frame

$$\begin{aligned} \text{rumus :} \quad M_c &= \delta_b (M_{1b} + M_{2b}) \\ M_c &= \delta_b M_u \end{aligned}$$

Catatan :

Pada braced frame tidak perlu dipisahkan antara momen yang menimbulkan *sideway* atau tidak.

2. Untuk unbraced frame

$$\text{rumus :} \quad M_c = \delta_b M_{2b} + \delta_s M_{2b}$$

dengan :

$$\begin{aligned} \delta_b &= \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\Phi \cdot P_c}} \geq 1,0 \\ \delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{\sum M_u}{\Phi \cdot \sum P_c}} \geq 1,0 \end{aligned}$$

$C_m$  = faktor pembesaran momen, nilainya adalah sebagai berikut :

♦ Portal dengan pengaku :

- dengan beban transversal :

$$C_m = 1$$

- Momen-momen ujung saja :

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \geq 0,4$$

♦ Portal tanpa pengaku :

$$C_m = 1$$

$\Phi$  = faktor reduksi kekuatan, berharga 0,65 SKSNI 3.2.3.2.2b

$P_u$  = beban aksial berfaktor

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k Lu)^2}$$

Pengertian  $\sum P_c$  dan  $\sum P_u$  adalah penjumlahan dari harga  $P_c$  dan  $P_u$  semua kolom dalam satu tingkat.

Ketentuan mencari faktor kekakuan EI : ..... ( SKSNI 3.3.11.5.2 )

$$EI = \frac{0,2 \cdot Ec \cdot Ig + Es \cdot Is}{1 + \beta d} \quad \text{atau}$$

$$EI = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d} \quad \text{dipilih yang terbesar}$$

Bila dalam desain awal dimana tulangan belum dipilih atau terpasang, harga EI bisa diambil sebagai berikut :

$$EI = \frac{0,5 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d}$$

$$\beta d = \left| \frac{\text{Momen beban mati berfaktor}}{\text{Momen beban total berfaktor}} \right|$$

Batasan minimum untuk nilai momen ini adalah :

$$Mu = Pu e_{\min}$$

dengan :

$$e_{\min} = (12 + 0,03 h) \text{ mm}$$

♦ Menentukan Luas Tulangan

1. Hitung Pn perlu :

$$Pn = \frac{Pu}{\phi} \leq Pn \text{ maks}$$

dengan :

- Untuk tulangan spiral :

$$Pn \text{ maks} = 0,85 \cdot [ 0,85 \cdot fc' \cdot (Ag - Ast) + fy \cdot Ast ]$$

- Untuk tulangan sengkang :

$$Pn \text{ maks} = 0,8 \cdot p \cdot 0,85 \cdot fc' \cdot (Ag - Ast) + fy \cdot Ast ]$$

2. Hitung Mn perlu hasil pembesaran :

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{Mn}{Pn}$$

Syarat minimum eksentrisitas :

$$e_{\min} = (15 + 0,03h) \text{ mm}$$

3. Berdasarkan nilai-nilai berikut ini diperoleh besar tulangan lentur yang dicari dengan bantuan program PCA COL.

Jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 1.5db atau 40 mm (SKSNI 3.16.6.3).

### 7.2.2. Perencanaan Terhadap Gaya Geser

- Gaya Geser Rencana Kolom

Gaya geser rencana  $V_u$  harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,ka} + M_{u,kb}}{h_n}$$

tetapi tidak perlu lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1,05 \cdot \left( V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4,0}{K} V_{E,k} \right)$$

dimana :

$M_{u,ka}$  =Momen rencana kolom pada ujung atas kolom pada bidang muka balok

$M_{u,kb}$  =Momen rencana kolom pada ujung bawah kolom pada bidang muka balok

$h_n$  = tinggi bersih dari kolom yang ditinjau

Akan tetapi pada lantai dasar dan lantai paling atas yang memperbolehkan terjadinya sendi plastis pada kolom, gaya geser rencana kolom dihitung berdasarkan momen kapasitas dari kolom.

$$V_{u,k} \text{ lantai dasar} = \frac{M_{u,ka} \text{ lantai 1} + M_{kap,k} \text{ lantai 1}}{h_n}$$



$$V_{u,k} \text{ lantai atas} = \frac{1}{h_n} \cdot (2 \times M_{k, \text{lantai atas}})$$

♦ Konsep Geser Nominal

$$V_n = V_c + V_s = \frac{V_{u,k}}{\phi}$$

Pasal 3.14.7.2.2.1 SKSNI-T-15-1991-03 menjelaskan bahwa asumsi nilai  $V_c = 0$  untuk lokasi berpotensi sendi plastis. Untuk daerah diluar sendi plastis kontribusi  $V_c$  tetap diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g}\right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \cdot b_w \cdot d \quad \text{SKSNI 3.4.3.2}$$

dengan :

$N_u$  = gaya aksial minimum yang terjadi pada kolom yang ditinjau.

Kuat geser yang dipikul tulangan geser :

$$V_s = V_n - V_c$$

♦ Tulangan Tranversal

Pada pasal 3.14.4.4.2 SKSNI-T-15-1991-03 menjelaskan bahwa tulangan transversal pada daerah sendi plastis potensial harus dipasang dengan spasi tidak melebihi :

- a.  $\frac{1}{4}$  dimensi kolom terkecil.
- b.  $\leq 8$  kali diameter tulangan memanjang.
- c.  $\leq 100$  mm.

Pada pasal 3.14.4.4.4 SKSNI-T-15-1991-03 menjelaskan bahwa tulangan transversal ini dipasang sepanjang  $l_o$  dari muka yang ditinjau. Panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari :

- a. Tinggi komponen dimensi struktur, untuk :

$$N_{u,k} \leq 0,3 \cdot A_g \cdot f_c'$$

b. 1,5 kali tinggi komponen dimensi struktur, untuk :

$$N_{u,k} > 0,3 \cdot A_g \cdot f_c'$$

c.  $\frac{1}{6}$  bentang bersih dari komponen struktur.

d. 450 mm

♦ **Contoh Perhitungan Penulangan Lentur Kolom**

Untuk contoh perhitungan penulangan lentur kolom, dipakai data kolom interior, yaitu kolom elemen 2011

♦ **Data Kolom**

- Dimensi	= 60 x 60 cm <sup>2</sup>	- Mutu beton (f <sub>c'</sub> )	= 24,61 MPa
- h	= 4 m	- Mutu baja (f <sub>y</sub> )	= 390 MPa
- h <sub>n</sub>	= 3,4 m	- Tulangan Utama	= D25
- decking	= 40 mm	- Begel	= ϕ12

♦ **Gaya-gaya dalam kolom**

Arah X :

$$M_{u \text{ max bawah}} = 65,49 \text{ tm} = 654900 \text{ Nm}$$

$$M_{u \text{ max atas}} = 53,89 \text{ tm} = 538900 \text{ Nm}$$

$$M_E \text{ bawah} = 16,28 \text{ tm} = 162800 \text{ Nm}$$

$$M_E \text{ atas} = 13,39 \text{ tm} = 133900 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{kap,b (-) kiri,atas}} = 543,1 \text{ KNm} \quad M_{\text{kap,b (-) kiri,bawah}} = 457,7 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{kap,b (+) kiri,atas}} = 371,1 \text{ KNm} \quad M_{\text{kap,b (+) kiri,bawah}} = 370,9 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{kap,b (-) kanan,atas}} = 543,1 \text{ KNm} \quad M_{\text{kap,b (-) kanan,bawah}} = 457,7 \text{ KNm}$$

$$M_{\text{kap,b (+) kanan,atas}} = 371,1 \text{ KNm} \quad M_{\text{kap,b (+) kanan,bawah}} = 370,9 \text{ KNm}$$

Arah Y :

$$\text{Mu max bawah} = 85,85 \text{ tm} = 858500 \text{ Nm}$$

$$\text{Mu max atas} = 63,94 \text{ tm} = 639400 \text{ Nm}$$

$$\text{ME bawah} = 19,73 \text{ tm} = 197300 \text{ Nm}$$

$$\text{ME atas} = 17,32 \text{ tm} = 173200 \text{ Nm}$$

$$\text{M kap,b (-) kiri,atas} = 936,2 \text{ KNm} \quad \text{M kap,b (-) kiri,bawah} = 909,9 \text{ KNm}$$

$$\text{M kap,b (+) kiri,atas} = 585 \text{ KNm} \quad \text{M kap,b (+) kiri,bawah} = 472,3 \text{ KNm}$$

$$\text{M kap,b (-) kanan,atas} = 543,1 \text{ KNm} \quad \text{M kap,b (-) kanan,bawah} = 455,9 \text{ KNm}$$

$$\text{M kap,b (+) kanan,atas} = 371,1 \text{ KNm} \quad \text{M kap,b (+) kanan,bawah} = 282,5 \text{ KNm}$$

♦ Analisa Momen Rencana Kolom

$$\text{Mu,ka} = 0,7 \cdot \omega_d \cdot \frac{h}{h_n} \cdot \alpha_{ka} \cdot \sum M_{\text{kap,b}(i+1)}$$

$$\text{Mu,kb} = 0,7 \cdot \omega_d \cdot \frac{h}{h_n} \cdot \alpha_{kb} \cdot \sum M_{\text{kap,b}(i)}$$

dimana :

$$\alpha_{ka} = \frac{M_{E,ka \text{ lt } (i)}}{M_{E,ka \text{ lt } (i)} + M_{E,ka \text{ lt } (i+1)}}$$

$$\alpha_{kb} = \frac{M_{E,kb \text{ lt } (i)}}{M_{E,kb \text{ lt } (i)} + M_{E,kb \text{ lt } (i-1)}}$$

Arah X :

$$\alpha_{ka} = \frac{133900}{133900 + 162800} = 0,45$$

$$\alpha_{kb} = \frac{162800}{162800 + 133900} = 0,55$$

$$\text{Mu,ka,x} = 0,7 \times 1,3 \times \frac{4}{3,4} \times 0,45 \times (543100 + 371100)$$

$$= 339833 \text{ Nm}$$

$$\text{Mu,kb,x} = 0,7 \times 1,3 \times \frac{4}{3,4} \times 0,55 \times (457700 + 370900)$$

$$= 374422 \text{ Nm}$$

Arah Y :

$$\alpha_{ka} = \frac{173200}{197300 + 173200} = 0,46$$

$$\alpha_{kb} = \frac{197300}{197300 + 173200} = 0,54$$

$$\begin{aligned} \mu_{u,ka,y} &= 0,7 \times 1,3 \times \frac{4}{3,4} \times 0,46 \times (936200 + 371100) \\ &= 503285 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{u,kb,y} &= 0,7 \times 1,3 \times \frac{4}{3,4} \times 0,54 \times (909900 + 282500) \\ &= 522926 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Jadi Momen Rencana Kolom :

$$\mu_{u,k-x} \text{ atas} = 339833 \text{ Nm} < \mu_{u,k} \text{ max-x atas}, \text{ dipakai } 339833 \text{ Nm}$$

$$\mu_{u,k-x} \text{ bawah} = 374422 \text{ Nm} < \mu_{u,k} \text{ max-x bawah}, \text{ dipakai } 374422 \text{ Nm}$$

$$\mu_{u,k-y} \text{ atas} = 503285 \text{ Nm} < \mu_{u,k} \text{ max-y atas}, \text{ dipakai } 503285 \text{ Nm}$$

$$\mu_{u,k-y} \text{ bawah} = 522926 \text{ Nm} < \mu_{u,k} \text{ max-y bawah}, \text{ dipakai } 522926 \text{ Nm}$$

♦ Analisa Gaya Aksial Rencana Kolom

$$N_{u,k} = 0,7 \cdot R_v \cdot \frac{\sum M_{kap,b}}{I_{u,b}} + 1,05 \cdot N_g$$

$$\begin{aligned} \frac{\sum M_{kap,bx}}{I_{u,b}} &= \frac{\sum M_{kap,b} \text{ padapusat joint}}{I_{u,b} \text{ as ke as}} \\ &= \frac{543100}{4,40} + \frac{371100}{4,40} \\ &= 207772 \text{ N} \end{aligned}$$

$$R_v = 1,1 - 0,025 \cdot n = 1,1 - 0,025 \cdot 6 = 0,95$$

$$\begin{aligned} N_{u,k-x} &= 0,7 \times 0,95 \times 207772 + 1,05 (2956190) \\ &= 3242169 \text{ N} > N_{u \text{ maks}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\sum M_{kap,by}}{I_{u,b}} &= \frac{936200}{5,40} + \frac{3711020}{3,90} \\ &= 268524 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{u,k-y} &= 0,7 \times 0,95 \times 268524 + 1,05 (2956190) \\ &= 3264994 \text{ N} > N_{u \text{ maks}} \end{aligned}$$

Jadi  $N_u$  rencana = 3014100 N

♦ **Analisa Gaya Geser Rencana**

$$V_{u,k-x} = \frac{M_{u,ka} + M_{u,kb}}{h_n} = \frac{339833 + 374422}{3,4} = 210075 \text{ N}$$

$$V_{u,k-y} = \frac{503285 + 522926}{3,4} = 301826 \text{ N}$$

$$V_{u,k-x \text{ max}} = 298200 \text{ N}$$

$$V_{u,k-y \text{ max}} = 898500 \text{ N}$$

Jadi gaya geser rencana :  $V_{u, \text{desain}} = 301826 \text{ N}$

♦ **Perhitungan Penulangan Lentur Kolom**

Untuk contoh perhitungan penulangan lentur kolom, dipakai data kolom interior elemen 2011 dengan data sebagai berikut :

- Ukuran kolom = 60 x 60 cm<sup>2</sup>
- Mutu beton K 300,  $f_c' = 24,61 \text{ MPa}$
- Mutu baja tulangan U 39 ,  $f_y = 390 \text{ MPa}$
- Decking = 40 mm
- Tulangan utama = D 25
- Tulangan sengkang =  $\phi 12$
- $d' = 40 + 12 + 25/2 = 64,5 \text{ mm}$
- $d = 600 - 64,5 = 535,5 \text{ mm}$

Jenis kolom pada gedung ini adalah "brace frame", karena struktur memiliki shear-wall sebagai pengaku.

♦ **Cek perbandingan kelangsingan :**

$$k = 1 \quad \dots \quad \text{SKSNI pasal 3.3.11.2.(1)}$$

$$L_u = 340 \text{ cm}$$

$$r = 0,3 \cdot h = 0,3 \times 60$$

$$= 18 \text{ cm}$$

$$k \cdot \frac{l_u}{r} = 1 \times \frac{340}{18}$$

$$= 18,88$$

Batasan kolom pendek :

$$k \cdot \frac{l_u}{r} \leq 34 - 12 \cdot \frac{M_{1b}}{M_{2b}}$$

$$\leq 34 - 12 \times 1$$

$$18,88 \leq 22 \dots \implies \text{Kolom pendek}$$

Karena termasuk kolom pendek jadi tidak ada bahaya tekuk.

♦ Mencari luas tulangan perlu :

$$M_{u,k-x} = 374422 \text{ Nm}$$

$$M_{u,k-y} = 522926 \text{ Nm}$$

$$P_u = 3014100 \text{ N}$$

Dari diagram PCA COL dengan momen biaksial dan memakai tulangan diameter 25 sebanyak 20 buah diperoleh  $\rho = 0,0273$

$$A_{st} = 0,0273 \times 600^2$$

$$= 9828 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai tulangan 20 D25 ( $A_{st} \text{ ada} = 9828 \text{ mm}^2$ )

♦ Perhitungan Penulangan Geser Kolom

Gaya Geser Rencana :

$$V_{u, \text{desain}} = 301826 \text{ N}$$

Cek torsi minimum :

$$T_u \text{ min} = \emptyset \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{20} \Sigma x^2 y \right)$$

$$= 0,6 \times \frac{\sqrt{24,6}}{20} \times 600^2 \times 600$$

$$= 32146286,63 \text{ Nmm}$$

Dan torsi yang terjadi adalah relatif kecil dibandingkan torsi minimum , sehingga torsi dapat diabaikan.

Dan untuk ujung kolom yang akan terjadi sendi plastis, kemampuan beton menerima geser diabaikan. Sedangkan untuk daerah lain, kontribusi beton untuk menerima geser tetap diperhitungkan dengan menggunakan rumus :

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

$$= 2 \cdot \left( 1 + \frac{3014100}{14 \times 600^2} \right) \cdot \frac{\sqrt{24,61}}{6} \cdot 600 \cdot 535,5$$

$$= 849047,1 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 849047,1$$

$$= 509428,23 \text{ N}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 \times 509428,23$$

$$= 254714,1 \text{ N}$$

$$V_u = 301826 \text{ N} > 0,5\phi V_c = 254714,1 \text{ N}$$

Jadi diperlukan tulangan geser minimum.

Direncanakan tulangan geser minimum  $\phi 12$ ,  $A_s \text{ ada} = 113,1 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{3 A_v f_y}{b_w} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 113,1 \cdot 320}{600} = 361,92 \text{ cm}$$

Dipakai tulangan sengkang  $\phi 12 - 100$

Dan untuk daerah sendi plastis besarnya  $\phi V_c = 0$  sehingga  $\phi V_s \text{ perlu} =$

$$V_{u,k} = 301826 \text{ N},$$

$$N_{u,k} = 3014100 \text{ N}$$

$$0,3 \cdot f_c' \cdot A_g = 0,3 \times 24,61 \times 600 \times 600 = 2657880 \text{ N}$$

$N_{u,k} > 0,3 \cdot f_c' \cdot A_g$  ,maka pada daerah tersebut harus dipasang tulangan geser di muka joint sepanjang  $l_o = 1,5 \times 600 = 900 \text{ mm}$ .

Syarat spasi maksimum :

$$s \leq \frac{h}{4} = \frac{600}{4} = 125 \text{ mm}$$

$$\leq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$\leq 100 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan sengkang  $\phi 12 - 100 \text{ mm}$



7.3. DESAIN BEAM COLUMN JOINT

Dalam SKSNI-T-15-1991-03 disebutkan bahwa momen lentur gaya geser kolom serta gaya geser horisontal  $V_{jh}$  dan gaya geser  $V_{jv}$  yang melewati inti pertemuan balok-kolom (*beam column joint*) harus dievaluasi dengan analisis rasional yang memperhitungkan seluruh pengaruh dari gaya-gaya yang membentuk kesetimbangan pada joint yang ditinjau (pasal 3.14.6.1.1).

Gaya geser horisontal ditentukan dengan persamaan :

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol} \quad \text{SKSNI 3.14-6}$$

dengan :

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,70 \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}}$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 0,70 \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}}$$

$$V_{kol} = \frac{0,70 \left( \frac{I_{ki}}{I_{ki,n}} M_{kap,ki} + \frac{I_{ka}}{I_{ka,n}} M_{kap,ka} \right)}{0,5 (h_{k,a} + h_{k,b})}$$

SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.14.6.1.1 mengasumsikan bahwa tegangan didalam tarik lentur adalah  $1,25 f_y$ , ditulis :

$$T = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y$$

sedangkan gaya geser vertikal  $V_{jv}$  dihitung sebagai berikut :

$$V_{jv} = \left( \frac{hc}{bj} \right) \cdot V_{jh}$$

dalam hal ini lebar efektif joint ( $b_j$ ) harus dihitung sebagai berikut :

1. Apabila  $bc > bb$ , maka  $b_j$  diambil nilai yang terkecil dari :

$$\begin{aligned} b_j &\leq bc \\ &\leq bb + \frac{hc}{2} \end{aligned}$$

2. Apabila  $b_c < b_b$ , maka  $b_j$  diambil nilai yang terkecil dari :

$$b_j \leq b_b$$

$$\leq b_b + \frac{h_c}{2}$$

Kontrol tegangan horisontal yang terjadi :

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot h_c} \leq 1,5 \cdot \sqrt{f_c'} \quad \text{SKSNI 3.14.6.1-2}$$

Dalam hal perhitungan diatas nilai  $V_{jh}$  tidak boleh melebihi  $1,5 \sqrt{f_c'}$  agar tidak terjadi keruntuhan tekan beton didalam inti join.

Gaya geser horisontal  $V_{jh}$  diteruskan melewati join dengan dua jenis mekanisme, yaitu sebagai berikut :

1. Strat beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung join yang memikul geser  $V_{ch}$ .
2. Mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horisontal dan strat diagonal beton daerah tarik join yang memikul geser  $V_{sh}$  sehingga :

$$V_{sh} + V_{ch} = V_{jh} \quad \text{SKSNI 3.14-9}$$

Geser yang dipikul beton (SKSNI pasal 3.14.6.1.4.a), yaitu nilai geser  $V_{ch}$  yang dipikul oleh beton strat harus diambil sama dengan nol, kecuali :

1. Apabila tegangan tekan rata-rata minimum pada penampang bruto kolom beton diatas join (termasuk tegangan prategang bila ada), melebihi nilai  $0,10 f_c'$  maka :

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{N_{n,k}}{A_g} - 0,1 f_c'} \cdot b_j \cdot h_c$$

2. Apabila seluruh balok pada join dirancang sehingga penampang kritis dari sendi plastis terletak pada suatu jarak yang lebih kecil dari tinggi penampang balok diukur dari muka kolom, maka :

$$V_{ch} = 0,5 \cdot \frac{A_s'}{A_s} \cdot V_{jh} \cdot \left( 1 + \frac{N_{n,k}}{0,4 \cdot A_g \cdot f_c'} \right)$$

dimana  $\frac{A_s'}{A_s} \leq 1$

Apabila gaya aksial tarik pada kolom melebihi nilai  $0,20 f_c'$ , maka nilai  $V_{ch}$  didapat dari interpolasi linier antara nol sampai dengan nilai yang diberikan oleh persamaan diatas, dengan asumsi bahwa nilai  $N_{n,k}$  sama dengan nol. Adapun nilai  $N_{n,k}$  pada persamaan diatas dihitung dengan persamaan berikut :

$$N_{n,k} = \frac{N_{u,k}}{\Phi}$$

dimana  $\Phi$  adalah faktor reduksi kekuatan.

Untuk menentukan luas total efektif dari tulangan geser horisontal yang melewati bidang diatas diagonal dan diletakkan didaerah lebar join efektif bj adalah :

$$A_{jv} \geq \frac{V_{sv}}{f_y} \quad \text{SKSNI 3.14-17}$$

dimana :

$$V_{sv} = V_{jv} - V_{cv} \quad \text{SKSNI 3.14-15}$$

Adapun kuat geser vertikal yang dipikul oleh beton dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_{cv} = A_{sc}' \cdot \frac{V_{jh}}{A_{sc}} \left( 0,6 + \frac{N_{n,k}}{A_g \cdot f_c'} \right)$$

Apabila terdapat tegangan aksial tarik pada seluruh penampang kolom yang bernilai kurang dari satu (1) atau sama dengan  $0,2 f_c'$ , maka nilai  $V_{cv}$  harus diinterpolasi linier antara nilai yang diberikan oleh persamaan diatas sampai dengan nilai nol, dengan asumsi bahwa nilai  $N_{n,k}$  sama dengan nol.

Sedang apabila diinginkan terjadi sendi plastis pada kolom diatas dan dibawah join sebagai bagian dari mekanisme disipasi energi utama maka  $V_{cv}$  harus sama dengan nol untuk seluruh nilai gaya aksial yang bekerja pada kolom.

Tulangan geser join vertikal ini harus terdiri dari tulangan kolom antara (*intermediate bars*) yang terletak pada bidang lentur antara ujung tulangan sisi luar atau terdiri dari sengkang pengikat vertikal atau tulangan vertikal khusus yang diletakkan dalam kolom harus dijangkarkan secukupnya untuk meneruskan gaya tarik yang disyaratkan kedalam join. Jarak antara tulangan join vertikal pada tiap

bidang balok yang menuju ke join, tidak boleh melebihi 200 mm dan minimum terdapat satu batang tulangan kolom antara pada tiap sisi kolom.

Sedangkan tulangan balok yang berakhir didalam suatu kolom harus diteruskan hingga sisi muka terjauh dari inti kolom terkekang dan mempunyai panjang penyaluran yang cukup.

♦ Contoh Perhitungan Beam-Column Joint

♦ Data balok

Arah X :

$$\begin{aligned} - M_{\text{kap,b ki}} &= 543,1 \text{ KNm} \\ - M_{\text{kap,b ka}} &= 371,1 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Arah Y :

$$\begin{aligned} - M_{\text{kap,b ki}} &= 936,2 \text{ KNm} \\ - M_{\text{kap,b ka}} &= 371,1 \text{ KNm} \end{aligned}$$

♦ Data kolom

$$\begin{aligned} - h_{\text{ka}} &= 4 \text{ m} \\ - h_{\text{kb}} &= 4 \text{ m} \\ - N_{\text{u}} &= 3014100 \text{ N} \end{aligned}$$

♦ Analisa Gaya Dalam Joint

$$\begin{aligned} V_{\text{kol}} &= \frac{0,7 \left( \frac{I_{\text{ki}}}{I_{\text{ki,n}}} M_{\text{kap,ki}} + \frac{I_{\text{ka}}}{I_{\text{ka,n}}} M_{\text{kap,ka}} \right)}{0,5 (h_{\text{ka}} + h_{\text{kb}})} \\ V_{\text{kol-x}} &= \frac{0,7 \left( \frac{5}{4,4} \cdot 543100 + \frac{5}{4,4} \cdot 371100 \right)}{0,5 (4 + 4)} \\ &= 181801,13 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{\text{ki}} &= T_{\text{ki}} = 0,7 \cdot \frac{M_{\text{kap,ki}}}{Z_{\text{ki}}} \\ &= 0,7 \cdot \frac{543100}{0,435} \\ &= 873954,023 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{\text{ka}} &= T_{\text{ka}} = 0,7 \cdot \frac{M_{\text{kap,ka}}}{Z_{\text{ka}}} \\ &= 0,7 \cdot \frac{371100}{0,435} \\ &= 597172,41 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{jh-x} &= C_{ki} + C_{ka} - V_{kol-x} \\ &= 873954,023 + 597172,41 - 181801,13 = 1289325,29 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{kol-y} &= \frac{0,7 \left( \frac{6}{5,4} \cdot 936200 + \frac{4,5}{3,9} \cdot 371100 \right)}{0,5 (4 + 4)} \\ &= 256972,54 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{ki} &= T_{ki} = 0,7 \cdot \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}} \\ &= 0,7 \cdot \frac{936200}{0,525} \\ &= 1248266,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{ka} &= T_{ka} = 0,7 \cdot \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}} \\ &= 0,7 \cdot \frac{371100}{0,435} \\ &= 597172,41 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{jh-y} &= C_{ki} + C_{ka} - V_{kol-y} \\ &= 1248266,67 + 597172,41 - 256972,54 \\ &= 1588466,54 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena  $V_{jh}$  arah  $x < y$ , maka  $V_{jh} = 1588466,54 \text{ N}$

$$\begin{aligned} V_{jv} &= \left( \frac{b_j}{h_c} \right) V_{jh} \\ &= \left( \frac{600}{600} \right) \cdot 1588466,54 \\ &= 1588466,54 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan horisontal yang terjadi :

$$v_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot h_c} \leq \sqrt{f_c'}$$

dengan lebar efektif pertemuan ( $b_j$ ) diambil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b_c > b_b &\quad \rightarrow \quad b_j = b_c = 600 \\ &\quad \quad \quad b_j = b_b + 0,5 \cdot h_c = 300 + 0,5 \cdot 600 = 600 \end{aligned}$$

diambil yang terkecil, yaitu  $b_j = 600 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 v_{jh} &= \frac{1588466,54}{600 \times 600} \\
 &= 4,40 \text{ MPa} \\
 1,5 \sqrt{f_c'} &= 1,5 \sqrt{24,61} = 7,4 > v_{jh} \quad \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

### 7.3.1. Penulangan Geser Horizontal

$$\begin{aligned}
 N_u &= 3014100 \text{ N} \\
 \frac{N_u}{A_g} &= \frac{3014100}{600 \times 600} = 8,3725 \text{ MPa} > 0,1 \cdot f_c' = 2,461 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Jadi  $V_{ch}$  dihitung menurut rumus :

$$\begin{aligned}
 V_{ch} &= \frac{2}{3} \sqrt{\frac{N_{n,k}}{A_g} - \frac{f_c'}{10}} \cdot b_j \cdot h_c \\
 &= \frac{2}{3} \sqrt{\frac{3014100}{0,6 \times 600 \times 600} - \frac{24,61}{10}} \times 600 \times 600 \\
 &= 813637,75 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{sh} &= V_{jh} - V_{ch} \\
 &= 1588466,54 - 813637,75 \\
 &= 774828,28 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{jh} &= \frac{V_{sh}}{f_y} \\
 &= \frac{774828,28}{320} \\
 &= 2214,33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

digunakan sengkang tunggal  $\phi 12$

$$\text{maka digunakan } 10 \phi 12, A_{st} = 10 \times 2 \times \frac{\pi}{4} \times 12^2 = 2260,8 \text{ mm}^2$$

### 7.3.2. Penulangan Geser Vertikal

$$\begin{aligned}
 V_{ch} &= \frac{A_{sc}' \cdot V_{jh}}{A_{sc}} \left( 0,6 + \frac{N_{n,k}}{A_g \cdot f_c'} \right) \rightarrow \frac{A_{sc}'}{A_{sc}} = 1 \\
 &= 1588466,54 \cdot \left( 0,6 + \frac{3014100}{0,6 \times 600 \times 600 \times 24,61} \right) \\
 &= 1853759,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_{jv} = 1588466,54 \text{ N}$$

$$V_{sv} = V_{jv} - V_{cv}$$

$$= 1588466,54 - 1853759,6 = -265293,061 \text{ N}$$

$$V_{cv} \geq V_{jv} \quad \dots \text{ tidak perlu tulangan geser vertikal}$$



Nilai  $V_c$  tidak boleh lebih kecil dari  $\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \cdot h \cdot d$  SKSNI 3.4.10(5)

Rasio tulangan geser vertikal terhadap luas bruto penampang horisontal beton tidak boleh kurang dari :

$$\rho_n = 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{hw}{lw}\right) (\rho_h - 0,0025)$$

ataupun 0,0025 tetapi tidak lebih besar dari tulangan geser horisontal perlu, sedangkan spasi tidak boleh lebih dari  $\frac{lw}{3}$ , 3h atau 500 mm.

Sedangkan berdasarkan pasal 3.7.5-3.1 tebal dinding tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang komponen pendukung, diambil yang terkecil, dan tidak boleh kurang dari 100 mm.

Perencanaan shear wall, untuk penyederhanaan dianggap memenuhi SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.7.5, sehingga dalam perhitungannya menggunakan metode empirik.

7.4. PENULANGAN DINDING GESER

Penulangan geser atau shear wall dalam gedung sangat berguna dalam menahan geser dan momen yang terjadi akibat gaya lateral seperti gempa misalnya.

Dinding geser dirancang sedemikian rupa sehingga memenuhi batasan-batasan dari Standar Beton 1991, dimana daya dukung aksial dinding ditentukan dengan metode empirik.

Kuat beban aksial rencana  $\Phi P_{nw}$  dinding dihitung berdasarkan persamaan 3.7.1 SKSNI'91 yaitu :

$$\Phi P_{nw} = 0,55 \Phi f_c' A_g \left( 1 - \left( \frac{k \cdot l_c}{32 \cdot h} \right)^2 \right)$$

dimana :

$\Phi = 0,70$

$k =$  faktor penampang efektif

$= 0,8$  untuk dinding yang dikekang terhadap rotasi pada salah satu atau kedua ujungnya.

$l_c =$  jarak vertikal antara dua tumpuan

Sedangkan kuat geser  $V_n$  pada sembarang penampang horisontal terhadap geser dalam bidang dinding tidak boleh melebihi dari persamaan :

$$\left( 5 \times \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) h \cdot d$$

Aturan yang lain yaitu SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.4.10 butir 6, kuat geser beton  $V_c$  diambil nilai terkecil dari dua persamaan dibawah ini :

$$V_c = \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{4} \right) \cdot h \cdot d + \frac{N_u \cdot d}{4 \cdot l_w}$$

$$\text{atau : } V_c = \left( \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{2} + \frac{l_w \cdot \left( \sqrt{f_c'} + 2 \frac{N_u}{l_w \cdot h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{h_w}{2}} \right) + 10 \right) \cdot h \cdot d$$

Dimana  $N_u$  adalah negatif untuk tarik, dan tidak berlaku bila  $\left( \frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2} \right)$  bernilai negatif.

♦ Contoh Perhitungan Penulangan Dinding Geser :

Prosedur perhitungan dilakukan seperti berikut dengan mengambil dinding geser elemen 2001.

$$P_u = 1502170 \text{ N}$$

$$V_u = 124340 \text{ N}$$

$$M_u = 118510000 \text{ Nmm}$$

dan :

$$l_c = 4000 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times 2000 = 1600 \text{ mm}$$

Tebal rencana dinding  $h = 300 \text{ mm}$ , sementara tebal minimum yang diisyaratkan adalah :

$$h_{\min} \geq \frac{1}{25} \times 4000 = 160 \text{ mm}$$

$$\geq 100 \text{ mm} \quad \dots \quad \text{ok}$$

Kuat beban aksial dinding geser :

$$\Phi P_{nw} = 0,55 \cdot \Phi \cdot f_c' \cdot A_g \cdot \left( 1 - \left( \frac{k \cdot l_c}{32 \cdot h} \right)^2 \right)$$

dimana :

$$\Phi = 0,7$$

$$k = 0,8$$

$$A_g = 300 \times 2000 = 600000 \text{ mm}^2$$

maka :

$$\Phi P_{nw} = 0,55 \times 0,7 \times 24,61 \times 600000 \times \left( 1 - \left( \frac{0,8 \times 4000}{32 \times 300} \right)^2 \right)$$

$$= 5053253 \text{ N} > 1502170 \text{ N} \quad \dots \quad \text{ok}$$

Sedangkan kuat geser yang diijinkan pada sembarang penampang horisontal adalah :

$$V_n = \frac{5}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot h \cdot d$$

$$= \frac{5}{6} \times \sqrt{24,61} \times 300 \times 1600$$

$$= 1984338 \text{ N} > V_u = 124340 \text{ N} \quad \dots \quad \text{ok}$$

7.4.1. Penulangan Horizontal

Kuat geser yang disediakan beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{\sqrt{f_c'}}{4} \cdot h \cdot d + \frac{N_u \cdot d}{4 \cdot l_w} \\
 &= \frac{\sqrt{24,61}}{4} \times 300 \times 1600 + \frac{1502170 \times 1600}{4 \times 2000} \\
 &= 895735,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

atau :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left[ \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{2} + \frac{l_w \cdot \left( \sqrt{f_c'} + 2 \frac{N_u}{l_w \cdot h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right) + 10 \right] \cdot h \cdot d \\
 &= \left[ \left( \frac{\sqrt{24,61}}{2} + \frac{2000 \times \left( \sqrt{24,61} + 2 \frac{1502170}{2000 \times 300} \right)}{\frac{118510000}{124340} - \frac{2000}{2}} \right) + 10 \right] \text{hd}
 \end{aligned}$$

dimana :  $h \cdot d = 300 \times 1600 = 480000$

tetapi karena  $\frac{M_u}{V_u} - \frac{L_w}{2}$  bernilai negatif, sehingga tidak berlaku  $V_c$  dengan rumus ini.

$$\begin{aligned}
 \text{diambil } V_c &= 895735,6 \text{ N} \\
 \Phi V_c &= 0,65 \times 895735,6 \\
 &= 582228,14 \text{ N} > V_u = 124340 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Jadi penulangan geser horizontal dipasang praktis saja, karena kemampuan geser beton lebih besar dari gaya yang bekerja.

Dipakai tulangan D12,  $A_s = 113,1 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &\leq 3 \times 300 &&= 900 \text{ mm} \\
 &\leq \frac{2000}{3} &&= 666,67 \text{ mm} \\
 &\leq 500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D12 - 250

Cek luas tulangan geser horisontal :

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ min} &= \rho_h \cdot A_g \\
 &= 0,0025 \times 600000 \\
 &= 1500 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ ada} &= \frac{2000}{250} \times 2 \times 113,1 \\
 &= 1808,64 \text{ mm}^2 > A_s \text{ min} \quad \dots \text{ ok}
 \end{aligned}$$

#### 7.4.2. Penulangan Geser Vertikal

Rasio tulangan geser vertikal minimum :

$$\begin{aligned}
 \rho_n &= 0,0025 + 0,5 \cdot \left(2,5 - \frac{hw}{lw}\right) \cdot (\rho_h - 0,0025) \\
 \rho_h &= \frac{1808,64}{300 \times 2000} \\
 &= 0,003
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_n &= 0,0025 + 0,5 \times \left(2,5 - \frac{300}{2000}\right) \times (0,003 - 0,0025) \\
 &= 0,0031
 \end{aligned}$$

Jadi tulangan yang diperlukan :

$$\begin{aligned}
 A_{sv} &= 0,0031 \times 350 \times 9600 \\
 &= 1488 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 20 - D12 = 2260,8 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi tulangan} &= \frac{2000}{\frac{20}{2}} \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipasang pada jarak 200 mm

#### 7.4.3. Penulangan Lentur

Penulangan lentur pada dinding geser (shear wall) ini diberikan pada ujung-ujung dinding geser dengan memberi penebalan pada pojok-pojok atau

## PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA

---

pertemuan elemen dinding geser dengan balok, hal ini untuk menjamin pertemuan yang monolit antara dinding geser dengan balok.

$$P_u = 1502170 \text{ N}$$

$$M_u = 118510000 \text{ Nmm}$$

$$\phi \text{ tul.} = 19 \text{ mm}$$

Dari diagram PCA COL dengan memakai tulangan diameter 19 sebanyak 24 buah ( untuk dua sisi ) diperoleh  $\rho = 1,13 \%$ , sehingga :

$$A_s = 0,0113 \times 300 \times 2000$$

$$= 6780 \text{ mm}^2$$

maka digunakan tulangan 24 D19,  $A_s \text{ ada} = 6780 \text{ mm}^2$

## BAB VIII

### PERENCANAAN PONDASI

Dalam perencanaan pondasi yang akan dibahas pada bab ini meliputi jumlah tiang pancang yang diperlukan, perencanaan poer (pile cap), dan perencanaan sloof (tie beam).

Pondasi pada gedung ini direncanakan dengan pondasi tiang pancang yaitu tiang pancang produksi dari PT. WIJAYA KARYA (WIKAWA) dengan pertimbangan sudah ada di pasaran.

#### 8.1. DATA - DATA TANAH

Data-data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan penyelidikan tanah di lapangan. Adapun data yang telah tersedia di lapangan berupa data penyelidikan tanah hasil uji Sondir (CPT). Dengan demikian dapat diketahui jenis tanah yang ada, jumlah hambatan pelekat (JHP) dan harga conus (sondir).

#### 8.2. PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal yaitu daya dukung desak pada ujung tiang (harga konus) dan pengaruh lekatan (sleeve) disekeliling tiang.

Daya dukung suatu tiang pancang harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan dan kekuatan tanah tempat tiang ditanam, dimana daya dukung tiang

berdasarkan kekuatan tanah dihitung berdasarkan data hasil uji sondir. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

### 8.2.1. Daya Dukung Tiang

#### ➤ Daya dukung tiang pancang tunggal

##### 1. Berdasarkan kekuatan tanah

Menurut Schmertman, perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data hasil sondir harus memperhitungkan daerah tanah yang mengalami keruntuhan geser akibat penetrasi konus atau tiang pancang yaitu pada daerah 4D di bawah tiang dan 8D 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 rumus :

$$C_n \text{ rata-rata ujung} = \frac{1/2 (C_{n1} + C_{n2}) + C_{n3}}{2}$$

*sangat besar*

dimana:

C<sub>n1</sub> = harga rata-rata konus, dihitung mulai dari ujung tiang sampai 4D ke bawah

C<sub>n2</sub> = harga rata-rata konus minimum, dihitung mulai dari ujung tiang sampai 4D ke bawah

C<sub>n3</sub> = harga rata-rata konus minimum, dihitung mulai dari ujung tiang sampai 8D ke atas

Jadi daya dukung akibat perlawanan ujung yang didasarkan atas harga konus adalah :

$$Q_c = \overline{C_n} \text{ rata-rata ujung} \times A \text{ ujung}$$



Pengaruh dari lekatan ( sleeve ) tanah kohesif harus diperhitungkan sebagai tambahan kekuatan tdaya dukung tanah yang dihitung dengan rumus :

$$Q_s = O \times JHP$$

dimana :

- O = Keliling tiang (cm)

- JHP = Jumlah hambatan pelekak (kg/cm)

Daya dukung ultimate dari satu tiang yang berdiri sendiri didapat dari penjumlahan kedua kondisi di atas:

$$Q_u = Q_c + Q_s$$

dimana :

Qc = daya dukung akibat perlawanan ujung

Qs = daya dukung akibat kekatan sepanjang keliling tiang.

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung satu tiang dibagi dengan suatu angka keamanan (safety factor)

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{Q_c}{SF1} + \frac{Q_s}{SF2}$$

dimana :

SF1 = safety factor terhadap perlawanan ujung = 3

SF2 = safety factor terhadap hambatan lekat = 5

Jadi daya dukung ijin 1 tiang :

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{A \cdot \bar{C}_n \text{ rata-rata ujung}}{3} + \frac{O \cdot JHP}{5}$$

Tiang pancang direncanakan tiang bulat dengan  $\phi$  50 cm (  $4D = 2$  m dan  $8D = 4$  m) dan dipancang sampai kedalaman 13 m.

Dari data test sondir ( terlampir ) untuk titik 1 didapat :

$$\begin{aligned}
 - \text{JHP} &= 1750 \text{ kg/cm} \\
 - \text{Cn1} &= \frac{130 + 135 + 145 + 165 + 165 + 185}{6} \\
 &= 154,2 \text{ kg/cm}^2 \\
 - \text{Cn2} &= 0 \text{ kg/cm}^2 \\
 - \text{Cn3} &= \frac{130 + 120 + 100 + 70 + 50 + 45 + 40}{7} \\
 &= 79,2 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \overline{\text{Cn}} &= \frac{\text{Cn1} + \text{Cn3}}{2} \\
 &= \frac{154,2 + 79,2}{2} \\
 &= 116,7 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{P ijin 1 tiang} &= \frac{A \cdot \overline{\text{Cn}} \text{ rata-rata ujung}}{3} + \frac{O \cdot \text{JHP}}{5} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 116,7}{3} + \frac{\pi \cdot 50 \cdot 1750}{5} \\
 &= 131 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

## 2. Berdasarkan kekuatan tiang pancang

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang produksi WIKA Type 500C dengan spesifikasi bahan seperti pada brosur yang terlampir :

$$\begin{aligned}
 \text{P ijin 1 tiang} &= 155,64 \text{ ton} \\
 \text{Mu 1 tiang} &= 34000 \text{ kgm} \\
 \text{Mcr 1 tiang} &= 17000 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

➤ Daya dukung satu tiang dalam kelompok

Daya dukung satu tiang dalam kelompok didapat dari daya dukung satu tiang yang berdiri sendiri dikalikan dengan faktor efisiensi (Eff) yang dihitung dengan rumus :

$$P \text{ 1 tiang dlm kelompok} = P \text{ 1 tiang berdiri sendiri} \times \text{Eff}$$

Berdasar literatur " Pile Foundation analyse and design " oleh Peck - Terzaghi harga efisiensi tiang pancang kelompok adalah :

$$\text{Eff} = \sqrt{\frac{P \text{ group}^2}{P \text{ group}^2 + (n \cdot P \text{ tunggal})^2}}$$

Untuk lebih jelasnya diambil contoh perhitungan perencanaan pondasi tiang pancang pada titik P15 dengan data - data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_u &= 367,28 \text{ Ton} \\ M_{ux} &= 26,06 \text{ Ton m} \\ M_{uy} &= 22,301 \text{ Ton m} \\ H_{ux} &= 7,117 \text{ Ton} \\ H_{uy} &= 6,084 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Untuk memikul beban aksial dan momen, maka jumlah tiang direncanakan sebanyak 4 buah tiang yang masing masing berdiameter 50 cm dengan poer (pile cap) berukuran  $b \times l \times t = 300 \times 300 \times 100 \text{ cm}^3$  ( $BV = 2,4 \text{ t/m}^3$ )

Mencari Effisiensi tiang pancang dalam kelompok :

Tiang pancang direncanakan dalam kelompok dengan  $D = 200 \text{ cm}$  ( $4D = 8 \text{ m}$  dan  $8D = 16 \text{ m}$ ) sampai kedalaman 13 m.

Dari data test sondir diketahui :

- JHP = 1750 kg/cm

- Cn1 =  $\frac{1}{16} ( 220+220+220+220+220+220+170+200+180+190+185+165+165+145+135+130 ) = 188,5 \text{ kg/cm}^2$

- Cn3 =  $\frac{1}{23} ( 10+5+5+20+15+15+10+10+20+20+25+25+30+30+35+40+40+45+50+70+100+120+130 ) = 37,82 \text{ kg/cm}^2$

- Cn2 = 0

$\overline{Cn} = \frac{188,5 + 37,82}{2} = 113,17 \text{ kg/cm}^2$

A = 76962,5 cm<sup>2</sup>

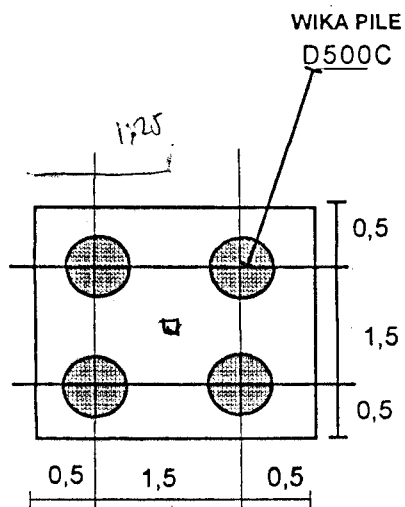
O = 1057 cm

P group =  $\frac{76962,5 \cdot 113,17}{3} + \frac{1057 \cdot 1750}{5}$   
 = 1797337,58 kg = 1797,337 T

Jadi :

Eff =  $\sqrt{\frac{1797,337^2}{1797,337^2 + (4.131)^2}}$   
 = 0,97

P ijin 1 tiang dlm kel. = 0,97 x 131 = 129,36 ton



### 8.2.2. Beban Maximum Tiang

$$P_{\max} = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\sum Y^2} + \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\sum X^2} \leq P_{\text{ijin 1 tiang}}$$

dimana :

$$\begin{aligned} \sum P &= \text{jumlah total beban aksial yang bekerja} \\ &= 367,28 + (2,50 \times 2,50 \times 1 \times 2,4) \\ &= 382,28 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum X^2 &= 4 \times 0,75^2 \\ &= 2,25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= 4 \times 0,75^2 \\ &= 2,25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\max} &= \text{absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang} \\ &= 0,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Y_{\max} = 0,75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} n &= \text{jumlah tiang pancang terpasang} \\ &= 4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\max/\min} &= \frac{382,28}{4} \pm \frac{26,06 \times 0,75}{2,25} \pm \frac{22,301 \times 0,75}{2,25} \\ &= 111,69 \end{aligned}$$

$$P_{\max} = 111,69 \text{ ton} < P_{\text{ijin 1 tiang}} = 129,36 \text{ ton} \dots \text{ OK}$$

### 8.2.3. Pengaruh Gaya Lateral

Tiang Pancang harus mampu menahan gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horisontal dengan cara mengubah gaya horisontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang. Momen yang terjadi ini harus dicek terhadap kekuatan bending dari tiang pancang yang digunakan.

Referensi untuk mendapatkan Momen akibat gaya horisontal ini adalah "Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton bertulang dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983" :Dept Pekerjaan Umum ,Ditjen Cipta Karya.

Berikut adalah contoh kontrol kemampuan Tiang Pancang dalam menahan gaya horisontal yang bekerja.

Data perencanaan adalah sebagai berikut :

$$P_u = 367,28 \text{ Ton}$$

$$H_{ux} = 7,117 \text{ Ton}$$

$$H_{uy} = 6,084 \text{ Ton}$$

Jadi resultante gaya horizontal  $H_u = 9,36 \text{ Ton}$

Penentuan jenis tiang :

$$\begin{aligned} H_o &= \frac{H_u}{N.D} \\ &= \frac{9360}{4,0,5} = 4680 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{H_o}{9.Cr.D} \\ &= \frac{4680}{9.2600.0,5} = 0,4 \end{aligned}$$

$$L_1 = 0,4 + (1,5.0,5) = 1,15 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,2 \cdot 1,15 = 2,53 \text{ m}$$

Karena panjang tiang pancang 13 m sehingga lebih besar dari  $L_2$  maka termasuk jenis tiang panjang. Sehingga direncanakan sesuai dengan pasal B.4 PPUSBBTG '83.

#### 1. Menghitung kohesi rencana

$$Cr = 0.50 Cu$$

$$Cu = 0.52 \text{ Kg/cm}^2$$

$$= 5200 \text{ Kg/m}^2$$

$$Cr = 0.5 \times 5200$$

$$= 2600 \text{ Kg/m}^2$$

#### 2. Menghitung Beban horisontal rencana pondasi tiap meter tiang

$$H_o = H_u/N.D$$

$$= \frac{9360}{4 \times 0,5}$$

$$= 4680 \text{ Kg/m}$$

3. Menghitung besaran

$$\begin{aligned} K_y &= \frac{H_o}{C_r \cdot D} \\ &= \frac{4680}{2600 \times 0,5} \\ &= 3,6 \end{aligned}$$

4. Menentukan besaran

$$K_x = \frac{M_o}{C_r \cdot D^2}$$

Dari gambar B-3 "PPUSBBDSTBUG 1983", diperoleh harga  $K_x = 3$  (untuk  $e/D = 0$  dan harga  $K_y = 3,78$ )

Jadi momen akibat gaya lateral :

$$\begin{aligned} M_{uo} &= K_x C_r D^2 \\ &= 3 \times 1650 \times 0,5^2 \\ &= 1237,5 \text{ kg m} < 34000 \text{ kgm} \dots\dots\dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

### 8.3. PERENCANAAN POER (PILE CAP)

Poer direncanakan terhadap gaya geser pons pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Untuk kolom dengan tulangan D25, panjang penyaluran  $l_d$  diambil yang menentukan dibawah ini sebagai berikut :

$$\begin{aligned} l_d &= 0,02 \cdot A_b \cdot \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} && (\text{ayat 3.5.2 butir 2}) \\ &= 0,02 \times 490,874 \times \frac{390}{\sqrt{24,61}} \\ &= 771,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

tetapi tidak kurang dari :

$$\begin{aligned} l_d &= 0,06 \cdot d_b \cdot f_y && (\text{ayat 3.5.2 butir 2}) \\ &= 0,06 \times 25 \times 390 \\ &= 585 \text{ mm} = 60 \text{ cm (menentukan)} \end{aligned}$$

Berdasarkan panjang penyaluran dari batang tulangan kolom tersebut diatas maka direncanakan tebal pile cap sebesar 100 cm. Pertimbangan lain dalam menentukan tebal poer adalah geser pons yang terjadi.

### 8.3.1 Kontrol Geser Pons pada Poer

Dalam merencanakan tebal poer harus dipenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.

Berdasar SKSNI Ps 3.4.11 butir 2.

Harga  $V_n$  tidak boleh lebih besar dari  $V_c$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \cdot b_o \cdot d \quad \text{atau}$$

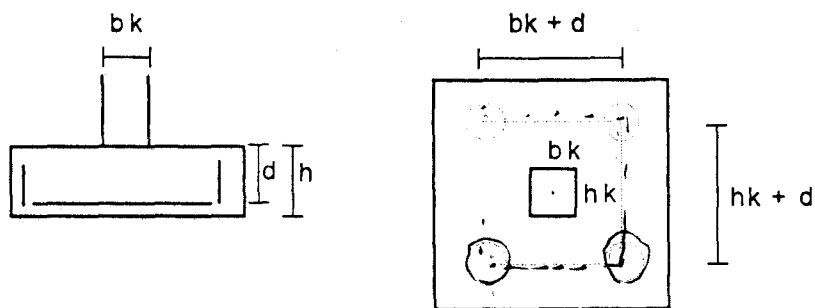
$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

dimana :

$\beta_c$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek dari beban terpusat

$\beta_c = 1$  ( kolom bujur sangkar )

$b_o = 2 ( b_k + d ) + 2 ( h_k + d )$



#### Data Perencanaan

$$P_u = 367,28 - 111,69 = 255,59 \text{ T}$$

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

$$l = 2500 \text{ mm}$$



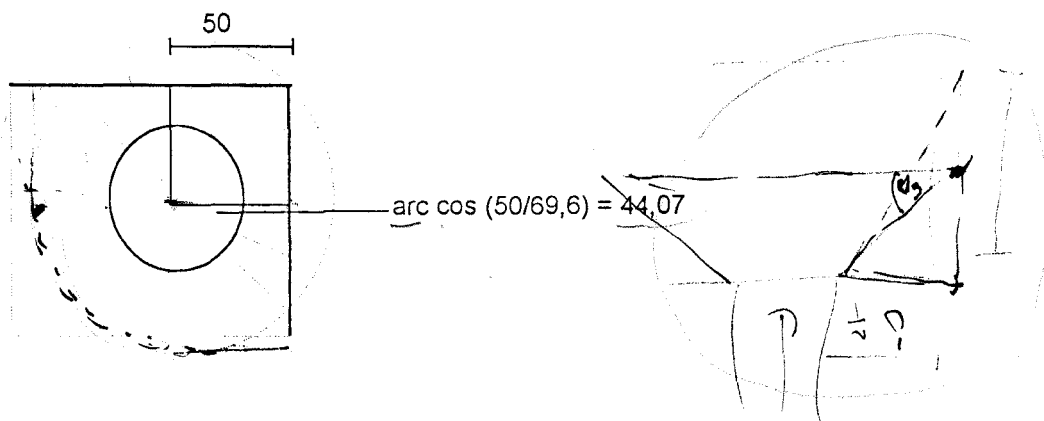
$b = 2500 \text{ mm}$   
 $d_c = 70 \text{ mm}$   
 $\phi = D25 \text{ mm}$   
 $d' = 1000 - 70 - 25 - 0.50 \times 25$   
 $= 892,5 \text{ mm}$   
 $b_o = 2 ( 600 + 600 + 2 \times 892,5 )$   
 $= 5970 \text{ mm}$   
 $\beta = 1$

$V_{c1} = \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times \frac{\sqrt{24,61}}{6} \times 5970 \times 892,5$   
 $= 13216253,71 \text{ N}$   
 $= 1321,62 \text{ Ton}$

$V_{c2} = \frac{1}{3} \sqrt{24,61} \times 5970 \times 892,5$   
 $= 8810835,8 \text{ N}$   
 $= 881,8 \text{ Ton}$

$V_n = \frac{255,59}{0,6}$   
 $= 425,98 \text{ Ton} < 881,8 \text{ Ton} \dots\dots\dots(\text{OK})$

8.3.2. Geser Pons Tiang Pancang



- P tiang pancang = 111,69 T

-  $b_o$  lingkaran =  $2 \cdot \pi \cdot R_o$

$$R_o = 0,5 \cdot D + 0,5 \cdot d$$

$$= 0,5 \cdot 50 + 0,5 \cdot 89,2$$

$$= 69,6 \text{ cm}$$

$$b_o = 2,314 \cdot 69,6 \cdot \frac{(360 - 90 - 2 \cdot 44,07)}{360}$$

$$= 222,91 \text{ cm}$$

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{24,61}}{6} \cdot 2229,1 \cdot 892,5$$

$$= 9676157,288 \text{ N}$$

$$= 967,62 \text{ T}$$

$$V_{c2} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{24,61} \cdot 2229,1 \cdot 892,5$$

$$= 3289821,457 \text{ N}$$

$$= 328,98 \text{ T}$$

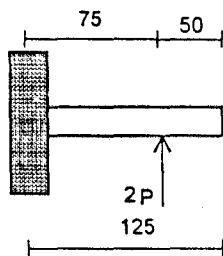
$$V_n = \frac{111,69}{0,6}$$

$$= 186,15 \text{ T} < 328,98 \text{ T} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

8.3.3. Penulangan Lentur

Untuk perhitungan penulangan lentur poer 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 didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

- ♦ Arah Y



gambar Asumsi Perencanaan

$$q = 1 \times 2,5 \times 2,4$$

$$= 6 \text{ Ton/m}^2$$

$$P_{(1 \text{ tiang})} = 111,69 \text{ Ton}$$

$$M = -2 \cdot P \cdot L + 1/2 \cdot q \cdot L^2$$

$$= -2 \times 111,69 \times 0,75 + 1/2 \times (6) \times 1,25^2$$

$$= -162,84 \text{ Ton m}$$

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

$$= \frac{16284000000}{0,8 \times 2500 \times 892,5^2}$$

$$= 1,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$= 18,64$$

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

$$= 0,00358$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,64} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,002}{0,85 \times 24,61}} \right)$$

$$= 0,00268 < \rho_{\min} = 0,00358$$

Jadi :

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00358 \times 2500 \times 892,5$$

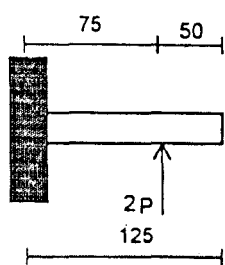
$$= 79,87 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan tarik 18D25 (As = 88,36 cm<sup>2</sup>)

$$\text{As}' = 0,5 \text{ As} = 0,5 \cdot 79,87 = 39,94 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan tekan 10D25 (As' = 49,09 cm<sup>2</sup>)

♦ Arah X



$$q = 1 \times 2,5 \times 2,4$$

$$= 6 \text{ Ton/m}^2$$

$$P_{(1 \text{ tiang})} = 111,69 \text{ Ton}$$

$$M = -2 \cdot P \cdot L1 + 1/2 \cdot q \cdot L2^2$$

$$= -2 \times 111,69 \times 0,75 + (1/2 \times 6 \times 1,25^2)$$

$$= -162,84 \text{ Ton m}$$

$$R_n = \frac{16284000000}{0,8 \times 2500 \times 892,5^2}$$

$$= 1,002$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= 18,64$$

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

$$= 0,00358$$

$$\rho = \frac{1}{18,64} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,002}{0,85 \times 24,61}} \right)$$

$$= 0,00216 < \rho_{\min} = 0,00358$$

Jadi :

$$\text{As perlu} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00358 \times 2500 \times 892,5 = 79,87 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan tarik 18D25 (As = 88,36 cm<sup>2</sup>)

$$As' = 0,5 As = 0,5 \times 79,87 = 39,94 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan tekan 10D25 ( $As = 49,09 \text{ cm}^2$ )

### 8.3.4. Perhitungan 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 bengkokkan tulangan utama D25 ke atas.

Contoh :

$$\begin{aligned} \text{Tul. geser } D = 25 & \dots\dots\dots Av = 1963,5 \text{ mm}^2 \text{ ( 4 kaki )} \\ P_{\max} \text{ 1 tiang} & = 111,69 \text{ ton} \\ \text{Penampang kritis} & = (bk + d)/2 = (600 + 892,5)/2 \\ & = 746,25 \text{ mm dari pusat kolom} \\ \text{decking (dc)} & = 7 \text{ cm} \dots\dots\dots d'' = 7 + 2\phi \text{ Tul utama} = 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu & = 2 \times P_{\max} - q.L \\ & = 2 \times 111,69 - 6 \times 1,25 \\ & = 215,88 \text{ ton} \\ & = 2158800 \text{ N} \\ \phi Vc & = 0,6 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d \\ & = 0,6 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{24,61} \times 2500 \times 892,5 \\ & = 1106888,92 \text{ N} \end{aligned}$$

*spasi maksimum tulangan geser*

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} & = \frac{\phi \cdot Av \cdot fy \cdot d}{(Vu - \phi Vc)} \\ S_{\text{perlu}} & = \frac{0,6 \times 1963,5 \times 390 \times 892,5}{2158800 - 1106888,9} \\ & = 389,8 \text{ mm} \\ S_{\text{ada}} & = \frac{B_{\text{poer}} - 2 \cdot d''}{n_{\text{tul. utama}} - 1} \\ & = \frac{250 - 24}{18 - 1} \end{aligned}$$

$$= 13,29 \text{ cm} < 38,9 \text{ cm} \dots\dots\dots ( \text{ OK } )$$

**8.4. PERENCANAAN TIE BEAM**

Beban-beban yang diterima oleh tie beam antara lain berat sendiri tie beam, berat tembok, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10 % beban aksial kolom. (Buku PPSBBSTBUG' 83 - 6.9.2).

**8.4.1. Dimensi tie beam**

Penentuan dimensi dari tie beam dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan tarik ijin beton yaitu sebesar :

$$f_r = f_{ct} = 0,70 \cdot \sqrt{f_c'} \quad ( \text{ PB '89 psl. 9.5.2.3 } )$$

contoh perhitungan untuk tie beam

Data Perencanaan

Beban aksial

$$P_u = 367,28 \times 10\%$$

$$= 36,728 \text{ Ton}$$

$$f_c' = 24,61 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Tarik ijin} = f_r &= 0,70 \cdot \sqrt{24,61} \\ &= 3,06 \text{ MPa} \\ f_r \text{ ada} &= \frac{367280}{0,8 \times 300 \times 500} \\ &= 3,06 < 3,47 \quad \dots\dots \text{ OK} \end{aligned}$$

#### 8.4.2. Penulangan Lentur Tie Beam

Penulangan tie beam didasarkan atas kondisi pembebanan. Beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti halnya penulangan pada kolom.

Adapun beban pada tie beam

- berat sendiri tie beam
- beban tembok

Contoh perhitungan :

- ukuran tie beam = 30 x 50 cm
- mutu beton = 24,61 MPa
- mutu tul = 390 MPa
- decking ( dc ) = 50 mm PB '89 psl.7.7.1
- tul utama = D25
- sengkang =  $\phi$  10

Beban yang diterima tie beam :

- Berat aksial Nu = 36,728 ton
- Berat sendiri tie beam =  $0,3 \times 0,5 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}$
- Berat tembok =  $4 \times 250 = 1000 \text{ kg/m}$
- $q_u = 1,2 \times (360 + 1000)$   
= 1632 kg/m

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{12} \cdot q_u \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 1632 \times 6^2 \\ &= 4896 \text{ kg m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= \frac{P_u}{A_g} \\ &= \frac{36728}{300 \times 500} \\ &= 0,24 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K \frac{e}{h} &= \frac{Mu}{Ag \cdot h} \\
 &= \frac{4896000}{(300 \times 500) \times 500} \\
 &= 0,065
 \end{aligned}$$

Dari diagram interaksi M-N non dimensi didapat harga  $\rho = 0,01$

$$\begin{aligned}
 \text{sehingga } A_s &= \rho \cdot A_g \\
 &= 0,01 \times 300 \times 500 \\
 &= 1500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 6 D25, dengan  $A_s$  ada = 2945 mm<sup>2</sup>

#### 8.4.3. Penulangan Geser dan Torsi

$$\begin{aligned}
 - q_u &= 1632 \text{ kg/m} \\
 - V_u &= \frac{1}{2} \times 1632 \times 6 \\
 &= 4896 \text{ kg} \\
 - d &= 500 - 50 - 10 - \frac{25}{2} \\
 &= 427,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Kuat geser nominal geser yang mampu dipikul beton

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b_w \cdot d \cdot \left[ 1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right] \\
 &= 0,6 \times \frac{\sqrt{24,61}}{6} \times 300 \times 427,5 \times \left[ 1 + \frac{3672800}{14 \times 300 \times 500} \right] \\
 &= 174896,2 \text{ N} \\
 &= 17489,62 \text{ Kg} \\
 V_u &= 4896 \text{ kg} < \phi V_c = 17489,62 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

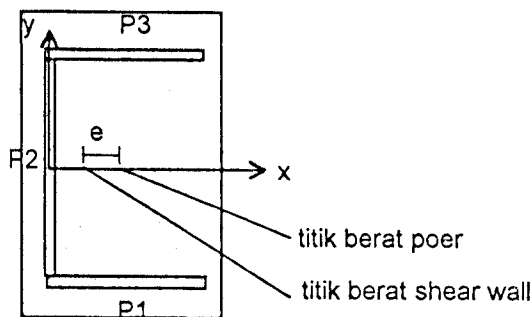
Jadi dipasang tulangan geser praktis  $\phi 10 - 200 \text{ mm}$



### 8.5. PERENCANAAN PONDASI SHEAR WALL

Untuk daerah shear wall direncanakan menggunakan satu buah poer dimana gaya-gaya yang terjadi diambil dari hasil output SAP pada lantai dasar. Gaya-gaya tersebut bekerja di titik berat shear wall yang kemudian dihitung bekerja di titik berat poer shear wall .

- P1 = 160,23 T
- P2 = 265,435 T
- P3 = 157,44 T
- P total = 583,105 T
- Mx = 13,566 TM
- My = 12,743 TM
- Hx = 11,589 T
- Hy = 8,44 T



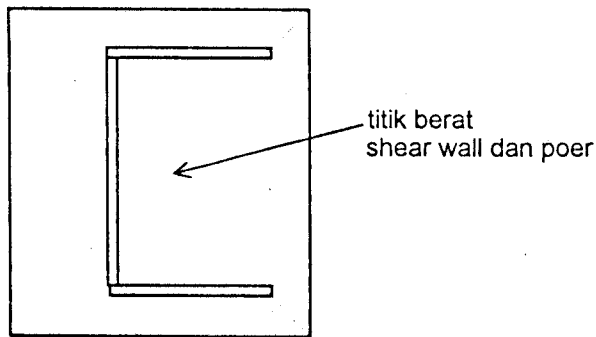
Titik berat shear wall

$Y = 0$  m ( di tengah )

$$X = \frac{P1 \cdot x1 + P2 \cdot x2 + P3 \cdot x3}{\Sigma P} = \frac{160,23 \cdot 1 + 157,44 \cdot 1}{572,9} = 0,55 \text{ m}$$

$$e = X_{poer} - X_{sw} = 1 - 0,55 = 0,45 \text{ m}$$

Kemudian agar gaya-gaya bekerja pada titik berat yang sama maka titik berat shear wall dan poer harus berada pada satu titik.



### 1. Daya dukung satu tiang pancang

Tiang pancang direncanakan tiang bulat dengan  $\phi$  50 cm (  $4D = 2$  m dan  $8D = 4$  m ) dan dipancang sampai kedalaman 13 m.

Dari data test sondir ( terlampir ) untuk titik 1 didapat :

- JHP = 1750 kg/cm
- Cn1 =  $\frac{130 + 135 + 145 + 165 + 165 + 185}{6}$   
= 154,2 kg/cm<sup>2</sup>
- Cn2 = 0 kg/cm<sup>2</sup>
- Cn3 =  $\frac{130 + 120 + 100 + 70 + 50 + 45 + 40}{7}$   
= 79,2 kg/cm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \overline{Cn} &= \frac{Cn1 + Cn3}{2} \\ &= \frac{154,2 + 79,2}{2} \\ &= 116,7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ ijin 1 tiang} &= \frac{A \cdot \overline{Cn} \text{ rata-rata ujung}}{3} + \frac{Q \cdot JHP}{5} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 116,7}{3} + \frac{\pi \cdot 50 \cdot 1750}{5} \\ &= 131 \text{ Ton} \end{aligned}$$

## 2. Berdasarkan kekuatan tiang pancang

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang produksi WIKA Type 500C dengan spesifikasi bahan seperti pada brosur yang terlampir :

$$P \text{ ijin 1 tiang} = 155,64 \text{ ton}$$

$$Mu \text{ 1 tiang} = 34000 \text{ kgm}$$

$$Mcr \text{ 1 tiang} = 17000 \text{ kgm}$$

Mencari Effisiensi tiang pancang dalam kelompok :

Tiang pancang direncanakan dalam kelompok dengan  $D = 470 \text{ cm}$  ( $4D = 18,8 \text{ m}$  dan  $8D = 37,6 \text{ m}$ ) sampai kedalaman 13 m.

Dari data test sondir diketahui :

$$- \text{JHP} = 1750 \text{ kg/cm}$$

$$- \text{Cn1} = \frac{1}{34} (24.220 + 170 + 200 + 180 + 190 + 185 + 165 + 165 + 145 + 135 + 130) \\ = 204,26 \text{ kg/cm}^2$$

$$- \text{Cn3} = \frac{1}{23} (10 + 5 + 5 + 20 + 15 + 15 + 10 + 10 + 20 + 20 + 25 + 25 + 30 + 30 + 35 + \\ 40 + 40 + 45 + 50 + 70 + 100 + 120 + 130) = 37,82 \text{ kg/cm}^2$$

$$- \text{Cn2} = -$$

$$\overline{\text{Cn}} = \frac{204,26 + 37,82}{2} = 121,04 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 163962,5 \text{ cm}^2$$

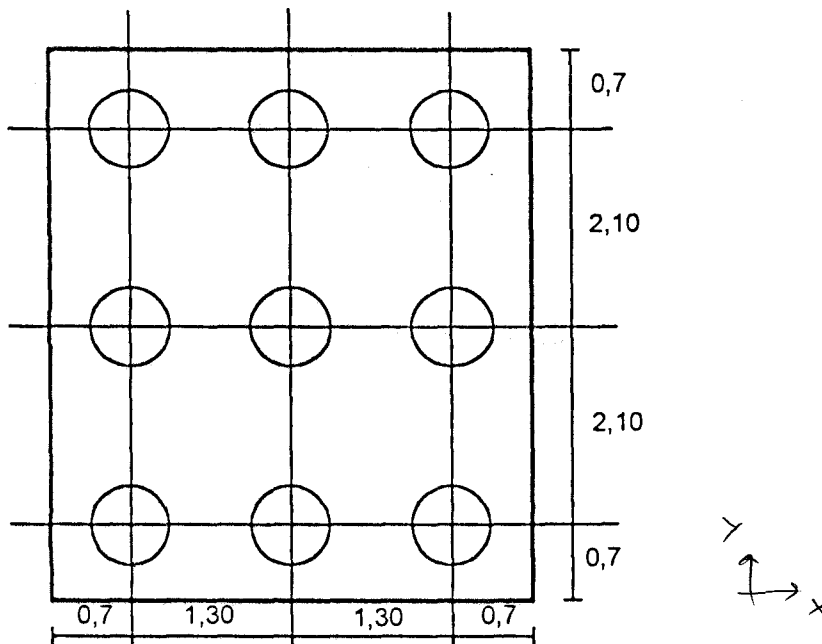
$$O = 1597 \text{ cm}$$

$$P_{\text{group}} = \frac{163962,5 \cdot 121,04}{3} + \frac{1597 \cdot 1750}{5} \\ = 7174290,3 \text{ kg} = 7174,29 \text{ T}$$

Jadi :

$$\text{Eff} = \sqrt{\frac{7174,29^2}{7174,29^2 + (9.131)^2}} \\ = 0,98$$

$$P \text{ ijin 1 tiang dlm kel.} = 0,98 \times 131 = 129,36 \text{ ton}$$



### 8.5.1. Beban Maximum Tiang

$$P_{\max} = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\sum Y^2} + \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\sum X^2} \leq P_{\text{ijin 1 tiang}}$$

dimana :

$$\begin{aligned} \Sigma P &= \text{jumlah total beban aksial yang bekerja} \\ &= 583,105 + (4,0 \times 5,60 \times 1 \times 2,4) \\ &= 636,865 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma X^2 &= 6 \times 1,3^2 \\ &= 10,14 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma Y^2 &= 6 \times 2,1^2 \\ &= 26,46 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\max} &= \text{absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang} \\ &= 1,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Y_{\max} = 2,1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \text{jumlah tiang pancang terpasang} \\
 &= 9 \\
 P_{\text{max/min}} &= \frac{636,865}{9} \pm \frac{13,566 \times 2,1}{26,46} \pm \frac{12,743 \times 1,3}{10,14} \\
 &= 73,14 \\
 P_{\text{max}} &= 73,14 \text{ ton} < P_{\text{ijin}} \text{ 1 tiang} = 129,36 \text{ ton} \dots \text{ OK}
 \end{aligned}$$

### 8.5.2. Pengaruh Gaya Lateral

Tiang Pancang harus mampu menahan gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horisontal dengan cara mengubah gaya horisontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang. Momen yang terjadi ini harus dicek terhadap kekuatan bending dari tiang pancang yang digunakan.

Referensi untuk mendapatkan Momen akibat gaya horisontal ini adalah "Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton bertulang dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983" :Dept Pekerjaan Umum ,Ditjen Cipta Karya.

Berikut adalah contoh kontrol kemampuan Tiang Pancang dalam menahan gaya horisontal yang bekerja.

Data perencanaan adalah sebagai berikut :

$$P_u = 583,105 \text{ ton}$$

$$H_{ux} = 11,589 \text{ ton}$$

$$H_{uy} = 8,44 \text{ ton}$$

Jadi resultante gaya horizontal  $H_u = 14,33 \text{ ton}$

Penentuan jenis tiang :

$$\begin{aligned}
 H_o &= \frac{H_u}{n.D} \\
 &= \frac{14330}{9,0,5} = 3184 \text{ kg/m} \\
 f &= \frac{H_o}{9.Cr.D}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{3184}{9.2600.0,5} = 0,27$$

$$L_1 = 0,27 + (1,5.0,5) = 1,02 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,2 \cdot 1,02 = 2,244 \text{ m}$$

Karena panjang tiang pancang 13 m sehingga lebih besar dari  $L_2$  maka termasuk jenis tiang panjang. Sehingga direncanakan sesuai dengan pasal B.4 PPUSBBTG '83.

#### 1. Menghitung kohesi rencana

$$C_r = 0.50 C_u$$

$$C_u = 0.52 \text{ Kg/cm}^2$$

$$= 5200 \text{ Kg/m}^2$$

$$C_r = 0.5 \times 5200$$

$$= 2600 \text{ Kg/m}^2$$

#### 2. Menghitung Beban horisontal rencana pondasi tiap meter tiang

$$H_o = H_u/n.D$$

$$= \frac{14330}{9 \times 0,5}$$

$$= 3814 \text{ Kg/m}$$

#### 3. Menghitung besaran

$$K_y = \frac{H_o}{C_r \cdot D}$$

$$= \frac{3814}{2600 \times 0,5}$$

$$= 2,93$$

#### 4. Menentukan besaran

$$K_x = \frac{M_o}{C_r \cdot D^2}$$

Dari gambar B-3 "PPUSBBDSTBUG 1983", diperoleh harga  $K_x = 3$  (untuk  $e/D = 0$  dan harga  $K_y = 2,93$ )

Jadi momen akibat gaya lateral :

$$M_{uo} = K_x C_r D^2$$

$$= 3 \times 2600 \times 0,5^2$$

$$= 1950 \text{ kg m} < 34000 \text{ kgm} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

### 8.5.3. PERENCANAAN POER (PILE CAP)

Poer direncanakan terhadap gaya geser pons pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Untuk shear wall dengan tulangan D25, panjang penyaluran  $l_d$  diambil yang menentukan dibawah ini sebagai berikut :

$$\begin{aligned} l_d &= 0,02 \cdot A_b \cdot \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} && \text{(ayat 3.5.2 butir 2)} \\ &= 0,02 \times 490,874 \times \frac{390}{\sqrt{24,61}} \\ &= 771,84 \text{ mm} \end{aligned}$$

tetapi tidak kurang dari :

$$\begin{aligned} l_d &= 0,06 \cdot d_b \cdot f_y && \text{(ayat 3.5.2 butir 2)} \\ &= 0,06 \times 25 \times 390 \\ &= 585 \text{ mm} = 60 \text{ cm (menentukan)} \end{aligned}$$

Berdasarkan panjang penyaluran dari batang tulangan shear wall tersebut diatas maka direncanakan tebal pile cap sebesar 100 cm. Pertimbangan lain dalam menentukan tebal poer adalah geser pons yang terjadi.

### 8.5.4. Kontrol Geser Pons pada Poer

Dalam merencanakan tebal poer harus dipenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.

Berdasar SKSNI Ps 3.4.11 butir 2.

Harga  $V_n$  tidak boleh lebih besar dari  $V_c$

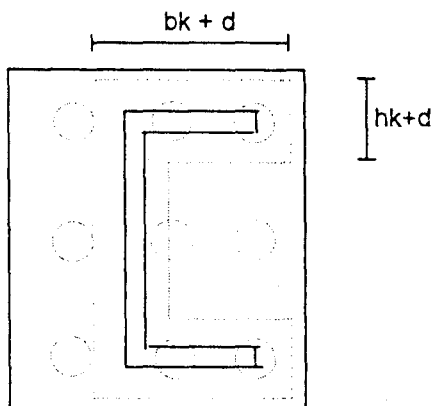
$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \cdot b_o \cdot d && \text{atau} \\ V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \end{aligned}$$

dimana :

$\beta_c$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek dari beban terpusat

$\beta_c = 2,25$

$b_o$  = keliling kritis



**Data Perencanaan**

$P_u = 583,105 - (4,5 \cdot 75,14) = 252,49 \text{ t}$

$h = 1000 \text{ mm}$

$l = 4000 \text{ mm}$

$b = 5600 \text{ mm}$

$d_c = 70 \text{ mm}$

$\phi = D25 \text{ mm}$

$d' = 1000 - 70 - 25 - 0.50 \times 25$   
 $= 892,5 \text{ mm}$

$b_o = ( 2x( 2000 + 892,5 ) + ( 4500 + 892,5 ) + ( 2x( 300 + 892,5 ) ) +$   
 $( 2x2000 ) + 3007,5 )$   
 $= 20570 \text{ mm}$



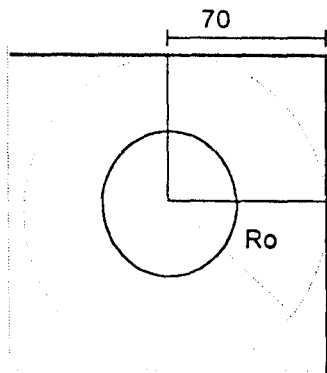
$$\beta = 2,25$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= \left(1 + \frac{2}{2,25}\right) \times \frac{\sqrt{24,61}}{6} \times 20570 \times 892,5 \\ &= 42805165,57 \text{ N} \\ &= 4280,51 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= \frac{1}{3} \sqrt{24,61} \times 20570 \times 892,5 \\ &= 30358273,46 \text{ N} \\ &= 3035,8 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{252,49}{0,6} \\ &= 420,82 \text{ Ton} < 3035,8 \text{ Ton} \dots\dots\dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

**8.5.5. Geser Pons Tiang Pancang**



- P tiang pancang = 73,47 T

-  $b_o$  lingkaran =  $2 \cdot \pi \cdot R_o$

$$\begin{aligned} R_o &= 0,5 \cdot D + 0,5 \cdot d \\ &= 0,5 \cdot 50 + 0,5 \cdot 89,2 \\ &= 69,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_o &= 2 \cdot 3,14 \cdot 69,6 \\ &= 437,08 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{24,61}}{6} \cdot 4370,8 \cdot 892,5 \\
 &= 9676157,288 \text{ N} \\
 &= 967,62 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{24,61} \cdot 4370,8 \cdot 892,5 \\
 &= 6450771,52 \text{ N} \\
 &= 645,07 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= \frac{73,47}{0,6} \\
 &= 122,45 \text{ T} < 645,07 \text{ T} \dots\dots\dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

### 8.5.6. Penulangan Lentur

Untuk perhitungan penulangan lentur poer dianalisa dengan program bantu SAP90 dengan perletakan jepit pada shear wall. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q.

- Arah Y

$$P_{(1 \text{ tiang})} = 73,47 \text{ ton}$$

$$M = 12200 \text{ kgm (hasil SAP)}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{122000000}{0,8 \times 4000 \times 892,5^2} \\
 &= 0,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\
 &= 18,64
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= 0,00358
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \\ &= \frac{1}{18,64} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,4}{0,85 \times 24,61}} \right) \\ &= 0,001 < \rho_{\min} = 0,00358 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho b d \\ &= 0,00358 \times 4000 \times 892,5 \\ &= 127,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan tarik 30D25 ( $\text{As} = 147,18 \text{ cm}^2$ )

$$\text{As}' = 0,5 \text{ As} = 0,5 \cdot 127,8 = 63,9 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan tekan 15D25 ( $\text{As}' = 73,59 \text{ cm}^2$ )

• Arah X

$$P_{(\text{tiang})} = 73,47 \text{ ton}$$

$$M = 7520 \text{ kg m (hasil SAP)}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{75200000}{0,8 \times 5600 \times 892,5^2} \\ &= 0,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= 18,64 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= 0,00358 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{18,64} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,2}{0,85 \times 24,61}} \right) \\ &= 0,0005 < \rho_{\min} = 0,00358 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,00358 \times 5600 \times 892,5 = 178,92 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan tarik 40D25 (As = 196,25 cm<sup>2</sup>)

$$\text{As}' = 0,5 \text{ As} = 0,5 \times 178,92 = 89,46 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan tekan 20D25 (As = 98,125 cm<sup>2</sup>)

### 8.5.7. Perhitungan Geser Pada penampang kritis

Geser yang terjadi pada daerah kritis shear wall harus dikontrol. Apabila geser yang terjadi lebih besar dari geser nominal beton, maka dibutuhkan tulangan geser yang diambil dari bengkokkan tulangan utama D25 ke atas.

Contoh :

$$\text{Tul. geser D} = 25 \dots\dots\dots \text{Av} = 1963,5 \text{ mm}^2 \text{ ( 4 kaki )}$$

$$\text{Pmax 1 tiang} = 73,47 \text{ ton}$$

$$\text{decking (dc)} = 7 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{d}'' = 7 + 2\phi \text{Tul utama} = 12 \text{ cm}$$

$$V_u = 137000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,6 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{24,61} \times 5700 \times 892,5 \\ &= 2523706,73 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena  $V_u < \phi V_c$  maka hanya dipasang tulangan geser praktis dengan jarak 200 mm.

ANALISA PORTAL ( T-M )

SYSTEM

L=2 V=7

JOINTS

C JOINT LANTAI DASAR

1	X=0	Y=0	Z=0	
8	X=35	Y=0		G=1,8,1
9	X=0	Y=6		
10	X=2			
11	X=5			
16	X=30			G=11,16,1
17	X=33			
18	X=35			
19	X=0	Y=10.5		
20	X=2			
21	X=5			
26	X=30			G=21,26,1
27	X=33			
28	X=35			
29	X=0	Y=16.5		
36	X=35	Y=16.5		G=29,36,1
37	X=0	Y=8.25		
38	X=35	Y=8.25		

C JOINT LANTAI 1

101	X=0	Y=0	Z=4	
108	X=35	Y=0		G=101,108,1
109	X=0	Y=6		
110	X=2			
111	X=5			
116	X=30			G=111,116,1
117	X=33			
118	X=35			
119	X=0	Y=10.5		
120	X=2			
121	X=5			
126	X=30			G=121,126,1
127	X=33			
128	X=35			
129	X=0	Y=16.5		
136	X=35	Y=16.5		G=129,136,1
137	X=0	Y=8.25		
138	X=35	Y=8.25		
1111	X=17.5	Y=8.045		

C JOINT LANTAI 2

201	X=0	Y=0	Z=8	
208	X=35	Y=0		G=201,208,1
209	X=0	Y=6		
210	X=2			
211	X=5			
216	X=30			G=211,216,1
217	X=33			
218	X=35			
219	X=0	Y=10.5		
220	X=2			
221	X=5			
226	X=30			G=221,226,1
227	X=33			
228	X=35			
229	X=0	Y=16.5		
236	X=35	Y=16.5		G=229,236,1
237	X=0	Y=8.25		
238	X=35	Y=8.25		
2222	X=17.5	Y=8.045		

C JOINT LANTAI 3

301	X=0	Y=0	Z=12	
308	X=35	Y=0		G=301,308,1
309	X=0	Y=6		
310	X=2			
311	X=5			

016 X=30 G=311,316,1  
017 X=33  
018 X=35  
019 X=0 Y=10.5  
020 X=2  
021 X=5  
026 X=30 G=321,326,1  
027 X=33  
028 X=35  
029 X=0 Y=16.5  
036 X=35 Y=16.5 G=329,336,1  
037 X=0 Y=8.25  
038 X=35 Y=8.25  
0333 X=17.5 Y=8.045

C JOINT LANTAI 4

401 X=0 Y=0 Z=16  
408 X=35 Y=0 G=401,408,1  
409 X=0 Y=6  
410 X=2  
411 X=5  
416 X=30 G=411,416,1  
417 X=33  
418 X=35  
419 X=0 Y=10.5  
420 X=2  
421 X=5  
426 X=30 G=421,426,1  
427 X=33  
428 X=35  
429 X=0 Y=16.5  
436 X=35 Y=16.5 G=429,436,1  
437 X=0 Y=8.25  
438 X=35 Y=8.25  
4444 X=17.5 Y=8.045

C JOINT LANTAI 5

501 X=0 Y=0 Z=20  
508 X=35 Y=0 G=501,508,1  
509 X=0 Y=6  
510 X=2  
511 X=5  
516 X=30 G=511,516,1  
517 X=33  
518 X=35  
519 X=0 Y=10.5  
520 X=2  
521 X=5  
526 X=30 G=521,526,1  
527 X=33  
528 X=35  
529 X=0 Y=16.5  
536 X=35 Y=16.5 G=529,536,1  
537 X=0 Y=8.25  
538 X=35 Y=8.25  
5555 X=17.5 Y=8.045

C JOINT LANTAI 6

601 X=0 Y=0 Z=24  
608 X=35 Y=0 G=601,608,1  
609 X=0 Y=6  
610 X=2  
611 X=5  
616 X=30 G=611,616,1  
617 X=33  
618 X=35  
619 X=0 Y=10.5  
620 X=2  
621 X=5  
626 X=30 G=621,626,1  
627 X=33  
628 X=35

629 X=0 Y=16.5  
636 X=35 Y=16.5 G=629,636,1  
637 X=0 Y=8.25  
638 X=35 Y=8.25  
6666 X=17.5 Y=8.045

C JOINT LANTAI 7

701 X=0 Y=0 Z=28  
708 X=35 Y=0 G=701,708,1  
709 X=0 Y=6  
710 X=2  
711 X=5  
716 X=30 G=711,716,1  
717 X=33  
718 X=35  
719 X=0 Y=10.5  
720 X=2  
721 X=5  
726 X=30 G=721,726,1  
727 X=33  
728 X=35  
729 X=0 Y=16.5  
736 X=35 Y=16.5 G=729,736,1  
737 X=0 Y=8.25  
738 X=35 Y=8.25  
7777 X=17.5 Y=8.045

C JOINT ATAP

801 X=0 Y=0 Z=32  
808 X=35 Y=0 G=801,808,1  
809 X=0 Y=6  
810 X=2  
811 X=5  
816 X=30 G=811,816,1  
817 X=33  
818 X=35  
819 X=0 Y=10.5  
820 X=2  
821 X=5  
826 X=30 G=821,826,1  
827 X=33  
828 X=35  
829 X=0 Y=16.5  
836 X=35 Y=16.5 G=829,836,1  
837 X=0 Y=8.25  
838 X=35 Y=8.25  
9888 X=17.5 Y=8.25

:  
RESTRAINTS

1,38,1 R=1,1,1,1,1,1  
101,138,1 R=1,1,0,0,0,1  
201,238,1 R=1,1,0,0,0,1  
301,338,1 R=1,1,0,0,0,1  
401,438,1 R=1,1,0,0,0,1  
501,538,1 R=1,1,0,0,0,1  
601,638,1 R=1,1,0,0,0,1  
701,738,1 R=1,1,0,0,0,1  
801,838,1 R=1,1,0,0,0,1  
1111,8888,1111 R=0,0,1,1,1,0

:

FRAME

NM=3 NL=39 NSEC=3 Z=-1  
1 SH=R T=0.6,0.4 E=2.1E6 W=2.400\*0.6\*0.4  
2 SH=R T=0.5,0.3 E=2.1E6 W=2.400\*0.5\*0.3  
3 SH=R T=0.6,0.6 E=2.1E6 W=2.400\*0.6\*0.6  
1 WG=0,0,-1.63492  
2 WG=0,0,-0.33000  
3 WG=0,0,-2.11592  
4 WG=0,0,-0.58000  
5 WG=0,0,-2.42496  
6 WG=0,0,-0.74063

7	WG=0,0,-1.00000	
8	WG=0,0,-1.88468	
9	WG=0,0,-0.45982	
10	WG=0,0,-1.96200	PLD=3,-3.6540,0
11	WG=0,0,-0.50000	PLD=3,-1.650,0
12	WG=0,0,-2.92400	PLD=3,-7.3079,0
13	WG=0,0,-1.00000	PLD=3,-3.3000,0
14	WG=0,0,-2.33611	
15	WG=0,0,-0.69445	
16	WG=0,0,-2.44300	
17	WG=0,0,-0.75000	
18	WG=0,0,-1.61461	
19	WG=0,0,-0.31950	
20	WG=0,0,-2.24258	PLD=3,-3.6540,0
21	WG=0,0,-0.64583	PLD=3,-1.6500,0
22	WG=0,0,-1.28058	
23	WG=0,0,-0.14580	
24	WG=0,0,-0.97256	
25	WG=0,0,-0.13200	
26	WG=0,0,-1.33056	
27	WG=0,0,-0.23200	
28	WG=0,0,-1.56058	
29	WG=0,0,-0.29400	
30	WG=0,0,-1.21600	PLD=3,-2.8425,0
31	WG=0,0,-0.20000	PLD=3,-0.6600,0
32	WG=0,0,-1.93200	PLD=3,-5.6856,0
33	WG=0,0,-0.40000	PLD=3,-1.3200,0
34	WG=0,0,-1.49444	
35	WG=0,0,-0.27778	
36	WG=0,0,-1.57400	
37	WG=0,0,-0.30000	
38	WG=0,0,-0.95744	
39	WG=0,0,-0.12778	

C ELEMEN LANTAI 1

1001,1,101	M=3	LP=2,0	MS=0,1111	G=7,1,1,1	: KOLOM
1009,11,111	M=3	LP=2,0		G=5,1,1,1	
1015,21,121	M=3	LP=2,0		G=5,1,1,1	
1021,29,129	M=3	LP=2,0		G=7,1,1,1	
1029,102,101	M=2	LP=2,0	NSL=1,2	MS=1111,1111	G=6,1,1,1 : BALOK MEMANJANG
1036,111,110	M=2	LP=2,0	NSL=3,4		G=1,6,6,6
1037,112,111	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1
1043,121,120	M=2	LP=2,0	NSL=8,9		G=1,6,6,6
1044,122,121	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1
1050,130,129	M=2	LP=2,0	NSL=7,2		G=1,6,6,6
1051,131,130	M=2	LP=2,0	NSL=1,2		G=4,1,1,1
1057,101,109	M=1	LP=3,0	NSL=10,11		G=1,7,7,9 : BALOK MELINTANG
1058,102,111	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=5,1,1,1
1065,110,120	M=2	LP=3,0	NSL=18,19		G=1,7,7,7
1066,111,121	M=2	LP=3,0	NSL=14,15		G=1,5,5,5
1067,112,122	M=2	LP=3,0	NSL=16,17		G=3,1,1,1
1073,119,129	M=1	LP=3,0	NSL=22,23		G=1,7,9,7
1074,121,130	M=1	LP=3,0	NSL=20,21		G=1,5,5,5
1075,122,131	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=3,1,1,1

C ELEMEN LANTAI 2

2001,101,201	M=3	LP=2,0	MS=1111,2222	G=7,1,1,1	: KOLOM
2009,111,211	M=3	LP=2,0		G=5,1,1,1	
2015,121,221	M=3	LP=2,0		G=5,1,1,1	
2021,129,229	M=3	LP=2,0		G=7,1,1,1	
2029,202,201	M=2	LP=2,0	NSL=1,2	MS=2222,2222	G=6,1,1,1 : BALOK MEMANJANG
2036,211,210	M=2	LP=2,0	NSL=3,4		G=1,6,6,6
2037,212,211	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1
2043,221,220	M=2	LP=2,0	NSL=8,9		G=1,6,6,6
2044,222,221	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1
2050,230,229	M=2	LP=2,0	NSL=7,2		G=1,6,6,6
2051,231,230	M=2	LP=2,0	NSL=1,2		G=4,1,1,1
2057,201,209	M=1	LP=3,0	NSL=10,11		G=1,7,7,9 : BALOK MELINTANG
2058,202,211	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=5,1,1,1
2065,210,220	M=2	LP=3,0	NSL=18,19		G=1,7,7,7
2066,211,221	M=2	LP=3,0	NSL=14,15		G=1,5,5,5



2067,212,222	M=2	LP=3,0	NSL=16,17		G=3,1,1,1	
2073,219,229	M=1	LP=3,0	NSL=22,23		G=1,7,9,7	
2074,221,230	M=1	LP=3,0	NSL=20,21		G=1,5,5,5	
2075,222,231	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=3,1,1,1	
C ELEMEN LANTAI 3						
3001,201,301	M=3	LP=2,0		MS=2222,3333	G=7,1,1,1	:KOLOM
3009,211,311	M=3	LP=2,0			G=5,1,1,1	
3015,221,321	M=3	LP=2,0			G=5,1,1,1	
3021,229,329	M=3	LP=2,0			G=7,1,1,1	
3029,302,301	M=2	LP=2,0	NSL=1,2	MS=3333,3333	G=6,1,1,1	:BALOK MEMANJANG
3036,311,310	M=2	LP=2,0	NSL=3,4		G=1,6,6,6	
3037,312,311	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1	
3043,321,320	M=2	LP=2,0	NSL=8,9		G=1,6,6,6	
3044,322,321	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1	
3050,330,329	M=2	LP=2,0	NSL=7,2		G=1,6,6,6	
3051,331,330	M=2	LP=2,0	NSL=1,2		G=4,1,1,1	
3057,301,309	M=1	LP=3,0	NSL=10,11		G=1,7,7,9	:BALOK MELINTANG
3058,302,311	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=5,1,1,1	
3065,310,320	M=2	LP=3,0	NSL=18,19		G=1,7,7,7	
3066,311,321	M=2	LP=3,0	NSL=14,15		G=1,5,5,5	
3067,312,322	M=2	LP=3,0	NSL=16,17		G=3,1,1,1	
3073,319,329	M=1	LP=3,0	NSL=22,23		G=1,7,9,7	
3074,321,330	M=1	LP=3,0	NSL=20,21		G=1,5,5,5	
3075,322,331	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=3,1,1,1	
C ELEMEN LANTAI 4						
4001,301,401	M=3	LP=2,0		MS=3333,4444	G=7,1,1,1	:KOLOM
4009,311,411	M=3	LP=2,0			G=5,1,1,1	
4015,321,421	M=3	LP=2,0			G=5,1,1,1	
4021,329,429	M=3	LP=2,0			G=7,1,1,1	
4029,402,401	M=2	LP=2,0	NSL=1,2	MS=4444,4444	G=6,1,1,1	:BALOK MEMANJANG
4036,411,410	M=2	LP=2,0	NSL=3,4		G=1,6,6,6	
4037,412,411	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1	
4043,421,420	M=2	LP=2,0	NSL=8,9		G=1,6,6,6	
4044,422,421	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1	
4050,430,429	M=2	LP=2,0	NSL=7,2		G=1,6,6,6	
4051,431,430	M=2	LP=2,0	NSL=1,2		G=4,1,1,1	
4057,401,409	M=1	LP=3,0	NSL=10,11		G=1,7,7,9	:BALOK MELINTANG
4058,402,411	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=5,1,1,1	
4065,410,420	M=2	LP=3,0	NSL=18,19		G=1,7,7,7	
4066,411,421	M=2	LP=3,0	NSL=14,15		G=1,5,5,5	
4067,412,422	M=2	LP=3,0	NSL=16,17		G=3,1,1,1	
4073,419,429	M=1	LP=3,0	NSL=22,23		G=1,7,9,7	
4074,421,430	M=1	LP=3,0	NSL=20,21		G=1,5,5,5	
4075,422,431	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=3,1,1,1	
C ELEMEN LANTAI 5						
5001,401,501	M=3	LP=2,0		MS=4444,5555	G=7,1,1,1	:KOLOM
5009,411,511	M=3	LP=2,0			G=5,1,1,1	
5015,421,521	M=3	LP=2,0			G=5,1,1,1	
5021,429,529	M=3	LP=2,0			G=7,1,1,1	
5029,502,501	M=2	LP=2,0	NSL=1,2	MS=5555,5555	G=6,1,1,1	:BALOK MEMANJANG
5036,511,510	M=2	LP=2,0	NSL=3,4		G=1,6,6,6	
5037,512,511	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1	
5043,521,520	M=2	LP=2,0	NSL=8,9		G=1,6,6,6	
5044,522,521	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1	
5050,530,529	M=2	LP=2,0	NSL=7,2		G=1,6,6,6	
5051,531,530	M=2	LP=2,0	NSL=1,2		G=4,1,1,1	
5057,501,509	M=1	LP=3,0	NSL=10,11		G=1,7,7,9	:BALOK MELINTANG
5058,502,511	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=5,1,1,1	
5065,510,520	M=2	LP=3,0	NSL=18,19		G=1,7,7,7	
5066,511,521	M=2	LP=3,0	NSL=14,15		G=1,5,5,5	
5067,512,522	M=2	LP=3,0	NSL=16,17		G=3,1,1,1	
5073,519,529	M=1	LP=3,0	NSL=22,23		G=1,7,9,7	
5074,521,530	M=1	LP=3,0	NSL=20,21		G=1,5,5,5	
5075,522,531	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=3,1,1,1	
C ELEMEN LANTAI 6						
6001,501,601	M=3	LP=2,0		MS=5555,6666	G=7,1,1,1	:KOLOM
6009,511,611	M=3	LP=2,0			G=5,1,1,1	
6015,521,621	M=3	LP=2,0			G=5,1,1,1	
6021,529,629	M=3	LP=2,0			G=7,1,1,1	

6029,602,601	M=2	LP=2,0	NSL=1,2	MS=6666,6666	G=6,1,1,1	:BALOK MEMANJANG
6036,611,610	M=2	LP=2,0	NSL=3,4		G=1,6,6,6	
6037,612,611	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1	
6043,621,620	M=2	LP=2,0	NSL=8,9		G=1,6,6,6	
6044,622,621	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1	
6050,630,629	M=2	LP=2,0	NSL=7,2		G=1,6,6,6	
6051,631,630	M=2	LP=2,0	NSL=1,2		G=4,1,1,1	
6057,601,609	M=1	LP=3,0	NSL=10,11		G=1,7,7,9	:BALOK MELINTANG
6058,602,611	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=5,1,1,1	
6065,610,620	M=2	LP=3,0	NSL=18,19		G=1,7,7,7	
6066,611,621	M=2	LP=3,0	NSL=14,15		G=1,5,5,5	
6067,612,622	M=2	LP=3,0	NSL=16,17		G=3,1,1,1	
6073,619,629	M=1	LP=3,0	NSL=22,23		G=1,7,9,7	
6074,621,630	M=1	LP=3,0	NSL=20,21		G=1,5,5,5	
6075,622,631	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=3,1,1,1	

C ELEMEN LANTAI 7

7001,601,701	M=3	LP=2,0		MS=6666,7777	G=7,1,1,1	:KOLOM
7009,611,711	M=3	LP=2,0			G=5,1,1,1	
7015,621,721	M=3	LP=2,0			G=5,1,1,1	
7021,629,729	M=3	LP=2,0			G=7,1,1,1	
7029,702,701	M=2	LP=2,0	NSL=1,2	MS=7777,7777	G=6,1,1,1	:BALOK MEMANJANG
7036,711,710	M=2	LP=2,0	NSL=3,4		G=1,6,6,6	
7037,712,711	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1	
7043,721,720	M=2	LP=2,0	NSL=8,9		G=1,6,6,6	
7044,722,721	M=2	LP=2,0	NSL=5,6		G=4,1,1,1	
7050,730,729	M=2	LP=2,0	NSL=7,2		G=1,6,6,6	
7051,731,730	M=2	LP=2,0	NSL=1,2		G=4,1,1,1	
7057,701,709	M=1	LP=3,0	NSL=10,11		G=1,7,7,9	:BALOK MELINTANG
7058,702,711	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=5,1,1,1	
7065,710,720	M=2	LP=3,0	NSL=18,19		G=1,7,7,7	
7066,711,721	M=2	LP=3,0	NSL=14,15		G=1,5,5,5	
7067,712,722	M=2	LP=3,0	NSL=16,17		G=3,1,1,1	
7073,719,729	M=1	LP=3,0	NSL=22,23		G=1,7,9,7	
7074,721,730	M=1	LP=3,0	NSL=20,21		G=1,5,5,5	
7075,722,731	M=1	LP=3,0	NSL=12,13		G=3,1,1,1	

C ELEMEN ATAP

8001,701,801	M=3	LP=2,0		MS=7777,8888	G=7,1,1,1	:KOLOM
8009,711,811	M=3	LP=2,0			G=5,1,1,1	
8015,721,821	M=3	LP=2,0			G=5,1,1,1	
8021,729,829	M=3	LP=2,0			G=7,1,1,1	
8029,802,801	M=2	LP=2,0	NSL=24,25	MS=8888,8888	G=6,1,1,1	:BALOK MEMANJANG
8036,811,810	M=2	LP=2,0	NSL=26,27		G=1,7,10,10	
8037,812,811	M=2	LP=2,0	NSL=28,29		G=4,1,1,1	
8042,817,816	M=2	LP=2,0	NSL=26,27		G=1,7,10,10	
8044,822,821	M=2	LP=2,0	NSL=28,29		G=4,1,1,1	
8050,830,829	M=2	LP=2,0	NSL=24,25		G=6,1,1,1	
8057,801,809	M=1	LP=3,0	NSL=30,31		G=1,7,7,9	:BALOK MELINTANG
8058,802,811	M=1	LP=3,0	NSL=32,33		G=5,1,1,1	
8065,810,820	M=2	LP=3,0	NSL=38,39		G=1,7,7,7	
8066,811,821	M=2	LP=3,0	NSL=34,35		G=1,5,5,5	
8067,812,822	M=2	LP=3,0	NSL=36,37		G=3,1,1,1	
8073,819,829	M=1	LP=3,0	NSL=30,31		G=1,7,9,7	
8074,821,830	M=1	LP=3,0	NSL=32,33		G=5,1,1,1	

:  
SHELL

NM=1 Z=-1

1 E=2.1E6 W=2.400

C SHEARWALL LANTAI DASAR

1001	JQ=9,10,109,110	M=1	ETYP=0	TH=0.3
1002	JQ=37,9,137,109	M=1	ETYP=0	TH=0.3
1003	JQ=19,37,119,137	M=1	ETYP=0	TH=0.3
1004	JQ=19,20,119,120	M=1	ETYP=0	TH=0.3
1005	JQ=17,18,117,118	M=1	ETYP=0	TH=0.3
1006	JQ=38,18,138,118	M=1	ETYP=0	TH=0.3
1007	JQ=28,38,128,138	M=1	ETYP=0	TH=0.3
1008	JQ=27,28,127,128	M=1	ETYP=0	TH=0.3

C SHEARWALL LANTAI 1

2001	JQ=109,110,209,210	M=1	ETYP=0	TH=0.3
2002	JQ=137,109,237,209	M=1	ETYP=0	TH=0.3

2003	JQ=119,137,219,237	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
2004	JQ=119,120,219,220	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
2005	JQ=117,118,217,218	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
2006	JQ=138,118,238,218	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
2007	JQ=128,138,228,238	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
2008	JQ=127,128,227,228	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
C SHEARWALL LANTAI 2				
3001	JQ=209,210,309,310	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3002	JQ=237,209,337,309	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3003	JQ=219,237,319,337	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3004	JQ=219,220,319,320	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3005	JQ=217,218,317,318	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3006	JQ=238,218,338,318	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3007	JQ=228,238,328,338	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3008	JQ=227,228,327,328	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
C SHEARWALL LANTAI 3				
4001	JQ=309,310,409,410	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4002	JQ=337,309,437,409	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4003	JQ=319,337,419,437	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4004	JQ=319,320,419,420	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4005	JQ=317,318,417,418	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4006	JQ=338,318,438,418	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4007	JQ=328,338,428,438	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4008	JQ=327,328,427,428	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
C SHEARWALL LANTAI 4				
5001	JQ=409,410,509,510	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5002	JQ=437,409,537,509	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5003	JQ=419,437,519,537	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5004	JQ=419,420,519,520	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5005	JQ=417,418,517,518	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5006	JQ=438,418,538,518	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5007	JQ=428,438,528,538	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5008	JQ=427,428,527,528	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
C SHEARWALL LANTAI 5				
6001	JQ=509,510,609,610	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6002	JQ=537,509,637,609	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6003	JQ=519,537,619,637	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6004	JQ=519,520,619,620	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6005	JQ=517,518,617,618	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6006	JQ=538,518,638,618	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6007	JQ=528,538,628,638	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6008	JQ=527,528,627,628	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
C SHEARWALL LANTAI 6				
7001	JQ=609,610,709,710	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7002	JQ=637,609,737,709	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7003	JQ=619,637,719,737	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7004	JQ=619,620,719,720	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7005	JQ=617,618,717,718	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7006	JQ=638,618,738,718	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7007	JQ=628,638,728,738	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7008	JQ=627,628,727,728	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
C SHEARWALL LANTAI 7				
8001	JQ=709,710,809,810	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8002	JQ=737,709,837,809	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8003	JQ=719,737,819,837	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8004	JQ=719,720,819,820	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8005	JQ=717,718,817,818	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8006	JQ=738,718,838,818	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8007	JQ=728,738,828,838	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8008	JQ=727,728,827,828	M=1	ETYPE=0	TH=0.3

:  
MASSES  
1111,7777,1111 M=91.1233,91.1233,0,0,0,43715.341  
8888,8888,0000 M=76.39321,76.39321,0,0,0,36958.378  
:

SPEC  
A=73.3 S=9.8 D=0.05  
0.0 0.07  
0.5 0.07

1.5 0.05  
2.0 0.035  
2.5 0.035  
3.0 0.035

:

COMBO

1 C=1,1\*0.75

2 C=1.2,1.6\*0.75

3 C=0,0

4 C=1.05,1.05\*0.3

5 C=1.05,1.05\*0.3

D=1

D=1.05

D=-1.05

2003	JQ=119,137,219,237	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
2004	JQ=119,120,219,220	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
2005	JQ=117,118,217,218	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
2006	JQ=138,118,238,218	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
2007	JQ=128,138,228,238	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
2008	JQ=127,128,227,228	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
C SHEARWALL LANTAI 2				
3001	JQ=209,210,309,310	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3002	JQ=237,209,337,309	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3003	JQ=219,237,319,337	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3004	JQ=219,220,319,320	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3005	JQ=217,218,317,318	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3006	JQ=238,218,338,318	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3007	JQ=228,238,328,338	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
3008	JQ=227,228,327,328	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
C SHEARWALL LANTAI 3				
4001	JQ=309,310,409,410	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4002	JQ=337,309,437,409	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4003	JQ=319,337,419,437	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4004	JQ=319,320,419,420	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4005	JQ=317,318,417,418	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4006	JQ=338,318,438,418	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4007	JQ=328,338,428,438	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
4008	JQ=327,328,427,428	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
C SHEARWALL LANTAI 4				
5001	JQ=409,410,509,510	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5002	JQ=437,409,537,509	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5003	JQ=419,437,519,537	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5004	JQ=419,420,519,520	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5005	JQ=417,418,517,518	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5006	JQ=438,418,538,518	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5007	JQ=428,438,528,538	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
5008	JQ=427,428,527,528	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
C SHEARWALL LANTAI 5				
6001	JQ=509,510,609,610	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6002	JQ=537,509,637,609	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6003	JQ=519,537,619,637	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6004	JQ=519,520,619,620	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6005	JQ=517,518,617,618	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6006	JQ=538,518,638,618	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6007	JQ=528,538,628,638	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
6008	JQ=527,528,627,628	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
C SHEARWALL LANTAI 6				
7001	JQ=609,610,709,710	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7002	JQ=637,609,737,709	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7003	JQ=619,637,719,737	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7004	JQ=619,620,719,720	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7005	JQ=617,618,717,718	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7006	JQ=638,618,738,718	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7007	JQ=628,638,728,738	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
7008	JQ=627,628,727,728	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
C SHEARWALL LANTAI 7				
8001	JQ=709,710,809,810	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8002	JQ=737,709,837,809	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8003	JQ=719,737,819,837	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8004	JQ=719,720,819,820	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8005	JQ=717,718,817,818	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8006	JQ=738,718,838,818	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8007	JQ=728,738,828,838	M=1	ETYPE=0	TH=0.3
8008	JQ=727,728,827,828	M=1	ETYPE=0	TH=0.3

:  
 MASSES  
 1111,7777,1111 M=91.1233,91.1233,0,0,0,43715.341  
 8888,8888,0000 M=76.39321,76.39321,0,0,0,36958.378  
 :

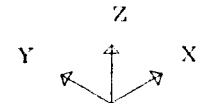
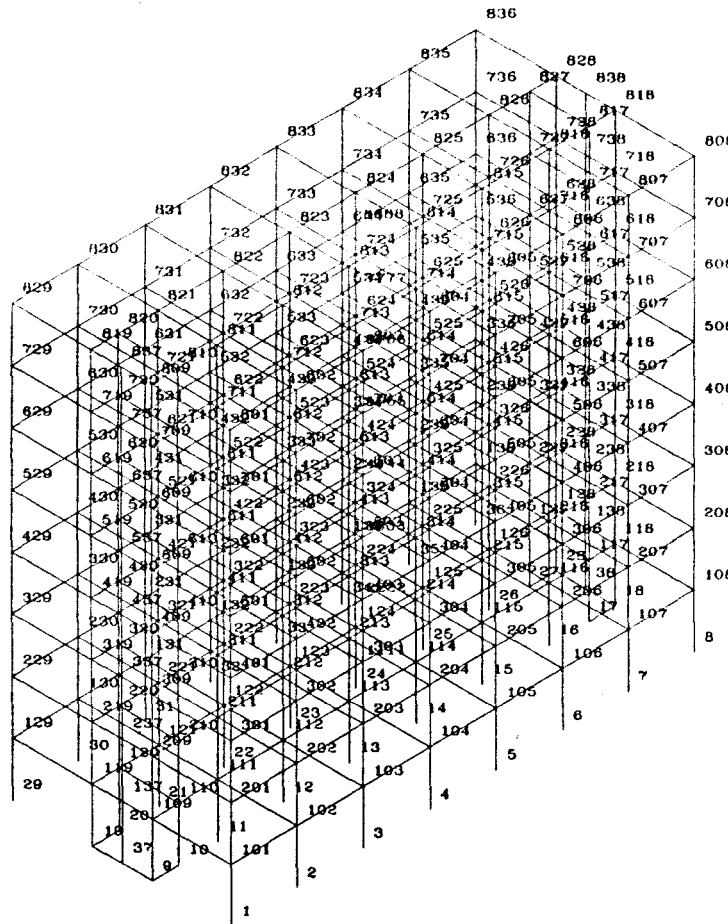
SPEC  
 A=16.7 S=9.8 D=0.05  
 0.0 0.07  
 0.5 0.07

1.5 0.05  
2.0 0.035  
2.5 0.035  
3.0 0.035

:

COMBO

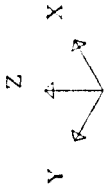
1	C=1,1*0.75	
2	C=1.2,1.6*0.75	
3	C=0,0	D=1
4	C=1.05,1.05*0.3	D=1.05
5	C=1.05,1.05*0.3	D=-1.05



DIBA  
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS  
JOINT IDS  
WIRE FRAME

SAP90



DIBA

DEFORMED  
SHAPE

LOAD 1

MINIMA

X -.1710E-16

Y .0000E+00

Z -.7789E-02

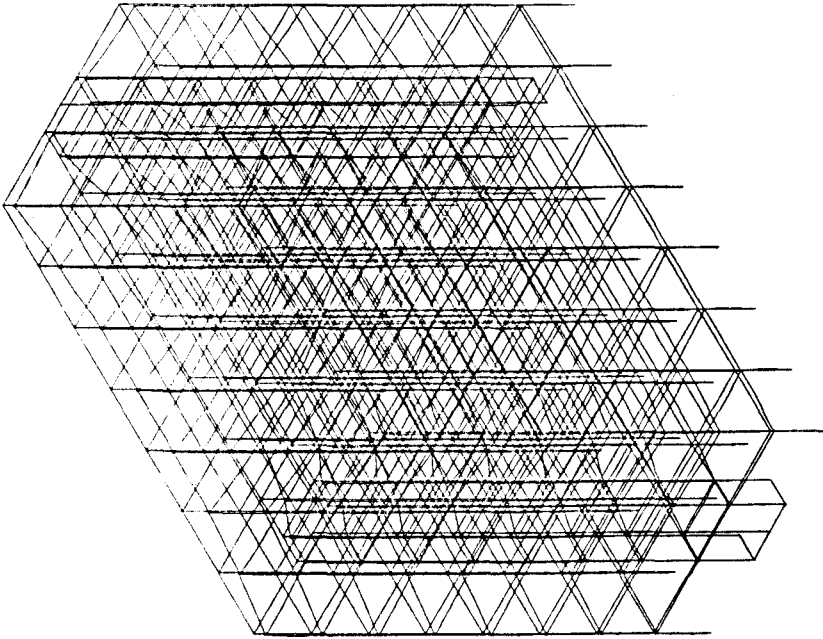
MAXIMA

X .0000E+00

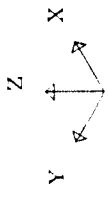
Y .3765E-03

Z .0000E+00

SAP90



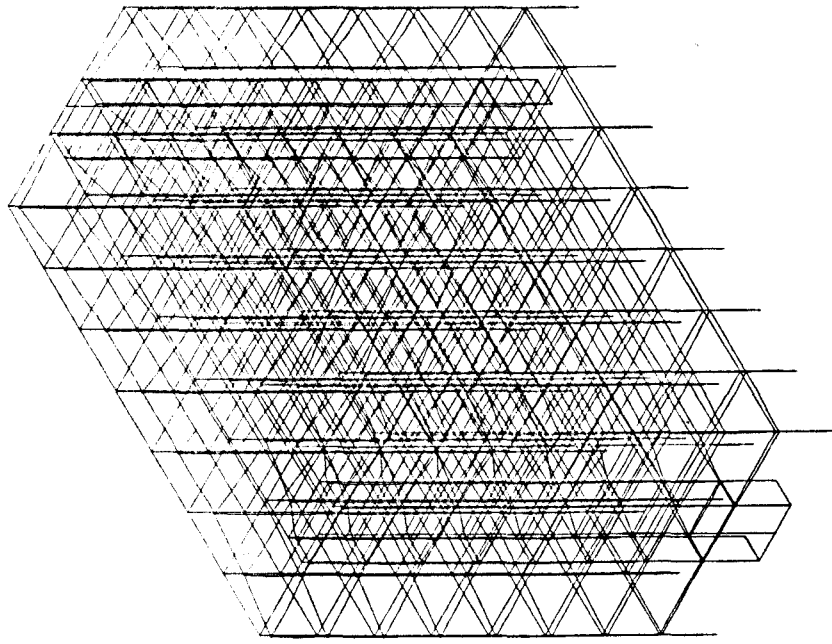


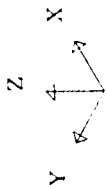


DIBA  
DEFORMED  
SHAPE  
LOAD 2

MINIMA  
X -.2146E-16  
Y .0000E+00  
Z -.9830E-02  
MAXIMA  
X .0000E+00  
Y .5044E-03  
Z .0000E+00

SAP90





DIBA

DEFORMED

SHAPE

LOAD 3

MINIMA

X .0000E+00

Y .0000E+00

Z .0000E+00

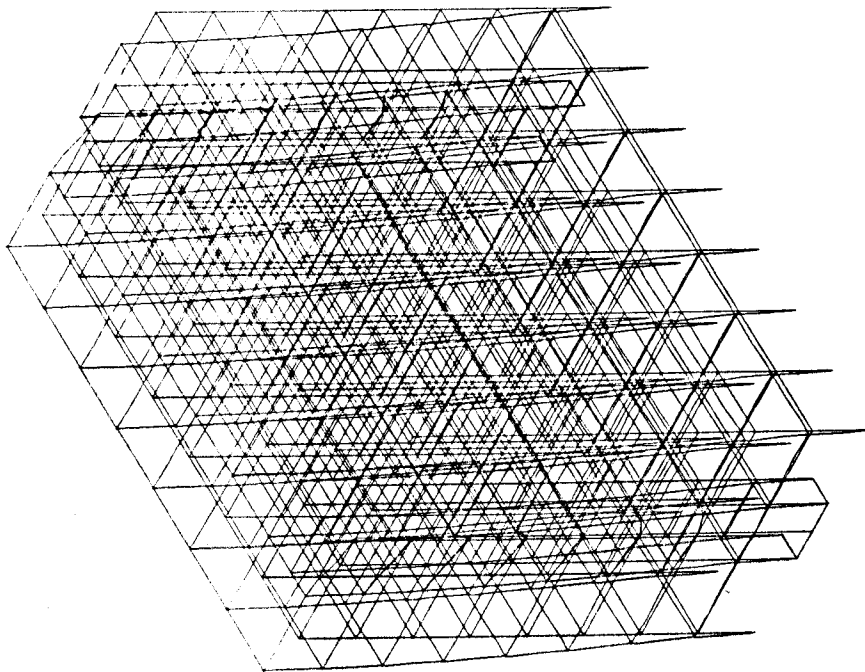
MAXIMA

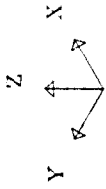
X .1418E-01

Y .4477E-01

Z .7210E-03

SAP90





DIBA

DEFORMED

SHAPE

LOAD 4

MINIMA

X .0000E+00

Y .0000E+00

Z -.7227E-02

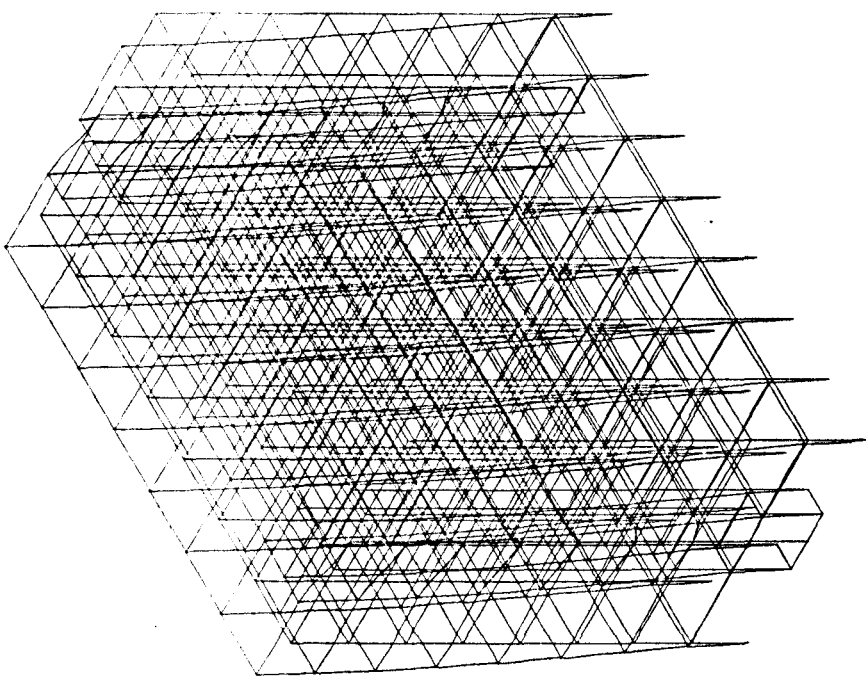
MAXIMA

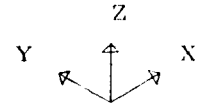
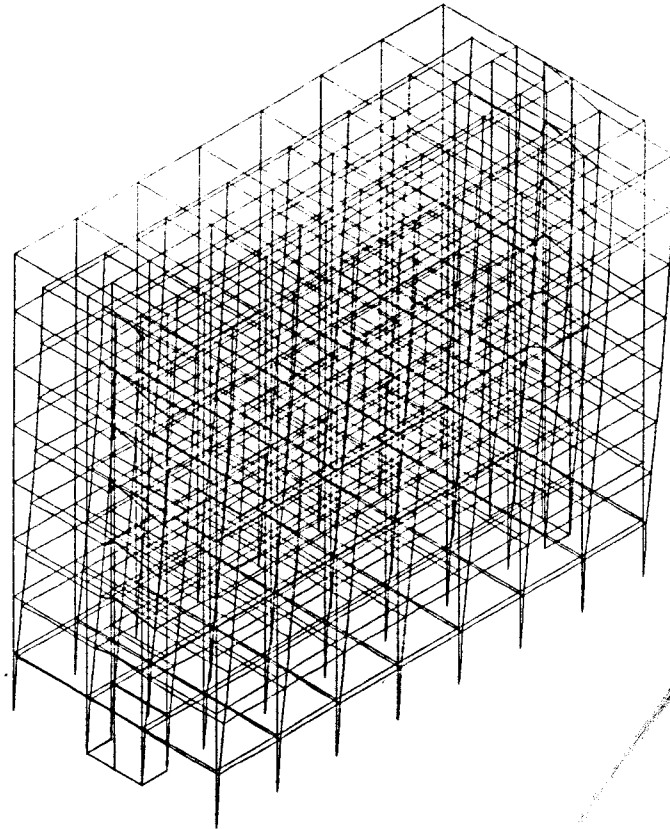
X .2852E-01

Y .9033E-01

Z .0000E+00

SAP90

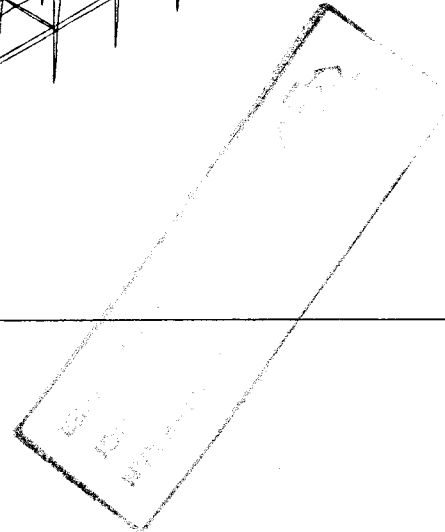




DIBA  
DEFORMED  
SHAPE  
LOAD 5

MINIMA  
X  $-.2852E-01$   
Y  $-.8978E-01$   
Z  $-.7607E-02$   
MAXIMA  
X  $.0000E+00$   
Y  $.0000E+00$   
Z  $.0000E+00$

SAP90



ANALISA TANGGA 2-DIMENSI (KG-M)  
ITEM

POINTS

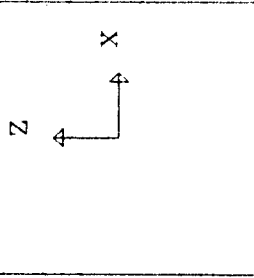
=0 Z=0  
=3 Z=2  
=4.25 Z=2  
=4.25 Z=2.5  
=3 Z=2.5  
=0 Z=4.5

CONSTRAINTS

R=0,1,0,1,0,1  
R=1,1,1,1,0,1  
R=0,1,1,1,0,1

MEMBER

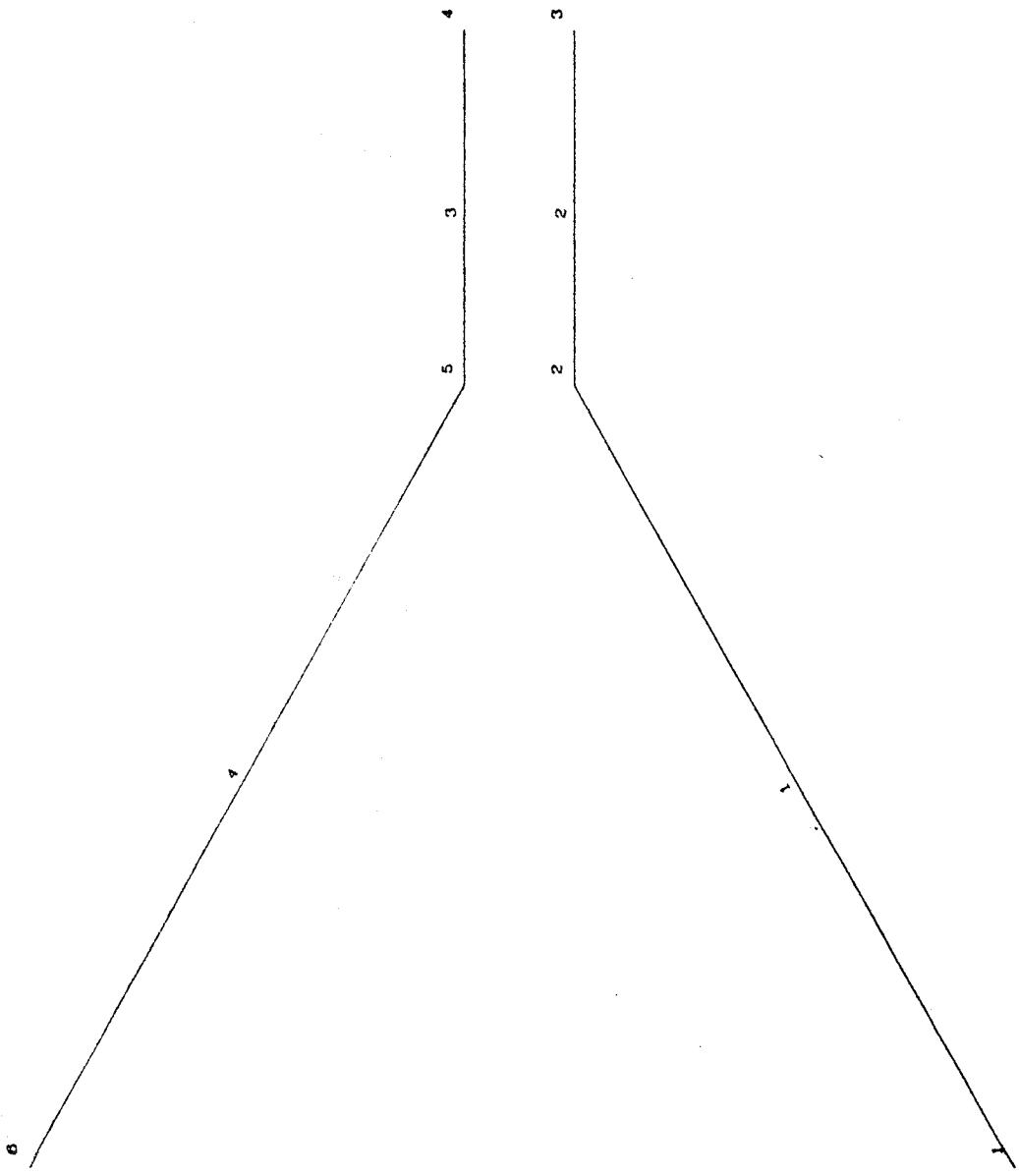
M=1 NL=2 NSEC=11  
H=R T=0.15,1.95 E=2.1E9  
G=0,0,-1481.748  
G=0,0,-1074  
M=1 LP=2,0 NSL=1 G=1,3,3,5  
M=1 LP=2,0 NSL=2 G=1,1,1,3



TANG  
UNDEFORMED  
SHAPE

OPTIONS  
JOINT IDS  
ELEMENT IDS  
WIRE FRAME

SAP90



## TITIK PUSAT MASSA LANTAI 1 - 7

No	Elemen	WD	WLR	W Total	dx	dy	W x dx	W x dy	Di	MMI
1	Pelat	14250	5625	19875	2.5	3	49687.5	59625	15.82588	516236.8625
2		39187.5	15468.75	54656.25	7.5	8.25	409921.9	450914.1	8.268021	404058.6736
3		39187.5	15468.75	54656.25	12.5	8.25	683203.1	450914.1	14.97707	1273831.065
4		39187.5	15468.75	54656.25	17.5	8.25	956484.4	450914.1	19.34716	2110406.32
5		39187.5	15468.75	54656.25	22.5	8.25	1229766	450914.1	23.96482	3225839.993
6		39187.5	15468.75	54656.25	27.5	8.25	1503047	450914.1	28.71084	4620132.085
7		14250	5625	19875	32.5	3	645937.5	59625	32.63817	2168684.032
8		4156.25	1640.625	5796.875	2.5	11.375	14492.19	65939.45	11.64649	82652.29725
9		4156.25	1640.625	5796.875	32.5	11.375	188398.4	65939.45	34.43313	703746.0472
10		6412.5	2531.25	8943.75	3.5	8.25	31303.13	73785.94	8.961724	77026.71596
11		6412.5	2531.25	8943.75	31.5	8.25	281728.1	73785.94	32.56244	971401.716
12	B.Induk 40/60	3456		3456	0	3	0	10368	3	4615.714286
13		9504		9504	5	8.25	47520	78408	9.646891	94216.68367
14		9504		9504	10	8.25	95040	78408	12.96389	166951.3776
15		9504		9504	15	8.25	142560	78408	17.11907	288175.8673
16		9504		9504	20	8.25	190080	78408	21.63475	457890.1531
17		9504		9504	25	8.25	237600	78408	26.32608	676094.2347
18		9504		9504	30	8.25	285120	78408	31.1137	942788.1122
19		3456		3456	35	3	120960	10368	35.12834	436615.7143
20		3456		3456	0	13.5	0	46656	13.5	65712.85714
21		3456		3456	35	13.5	120960	46656	37.51333	497712.8571
22	B.Induk 30/50	12600		12600	17.5	0	220500	0	17.5	399006.6964
23		12600		12600	17.5	6	220500	75600	18.5	445292.4107
24		12600		12600	17.5	10.5	220500	132300	20.40833	540756.6964
25		12600		12600	17.5	16.5	220500	207900	24.05203	749042.4107
26	B.Anak	6720		6720	17.5	3.0	117600	20160	17.75528	218975
27		4800		4800	17.5	13.5	84000	64800	22.10204	241267.8571
28	Kolom 60x60	3456		3456	0	0	0	0	0	1441.836735

29		3456	3456	5	0	17280	0	5	10258.16327
30		3456	3456	10	0	34560	0	10	36707.14286
31		3456	3456	15	0	51840	0	15	80788.77551
32		3456	3456	20	0	69120	0	20	142503.0612
33		3456	3456	25	0	86400	0	25	221850
34		3456	3456	30	0	103680	0	30	318829.5918
35		3456	3456	35	0	120960	0	35	433441.8367
36		3456	3456	5	6	17280	20736	7.81025	22953.67347
37		3456	3456	10	6	34560	20736	11.6619	49402.65306
38		3456	3456	15	6	51840	20736	16.15549	93484.28571
39		3456	3456	20	6	69120	20736	20.88061	155198.5714
40		3456	3456	25	6	86400	20736	25.70992	234545.5102
41		3456	3456	30	6	103680	20736	30.59412	331525.102
42		3456	3456	5	10.5	17280	36288	11.6297	49138.16327
43		3456	3456	10	10.5	34560	36288	14.5	75587.14286
44		3456	3456	15	10.5	51840	36288	18.30983	119668.7755
45		3456	3456	20	10.5	69120	36288	22.58871	181383.0612
46		3456	3456	25	10.5	86400	36288	27.11549	260730
47		3456	3456	30	10.5	103680	36288	31.78443	357709.5918
48		3456	3456	0	16.5	0	57024	16.5	97451.63265
49		3456	3456	5	16.5	17280	57024	17.24094	106267.9592
50		3456	3456	10	16.5	34560	57024	19.29378	132716.9388
51		3456	3456	15	16.5	51840	57024	22.2991	176798.5714
52		3456	3456	20	16.5	69120	57024	25.92778	238512.8571
53		3456	3456	25	16.5	86400	57024	29.95413	317859.7959
54		3456	3456	30	16.5	103680	57024	34.23814	414839.3878
55		3456	3456	35	16.5	120960	57024	38.69431	529451.6327
56	Dinding	35000	35000	17.5	0	612500	0	17.5	1108351.935
57		35000	35000	17.5	6	612500	210000	18.5	1236923.363
58		35000	35000	17.5	10.5	612500	367500	20.40833	1502101.935



59		35000	35000	17.5	16.5	612500	577500	24.05203	2080673.363
60		16500	16500	0	8.25	0	136125	8.25	121478.7946
61		16500	16500	5	8.25	82500	136125	9.646891	163570.6314
62		16500	16500	10	8.25	165000	136125	12.96389	289846.1416
63		16500	16500	15	8.25	247500	136125	17.11907	500305.3253
64		16500	16500	20	8.25	330000	136125	21.63475	794948.1824
65		16500	16500	25	8.25	412500	136125	26.32608	1173774.713
66		16500	16500	30	8.25	495000	136125	31.1137	1636784.917
67		16500	16500	35	8.25	577500	136125	35.95918	2183978.795
68	Shear Wall	5760	5760	1	6	5760	34560	6.082763	24150
69		12960	12960	0	8.25	0	106920	8.25	95416.07143
70		5760	5760	1	10.5	5760	60480	10.54751	67790.81633
71		5760	5760	34	6	195840	34560	34.52535	703007.1429
72		12960	12960	35	8.25	453600	106920	35.95918	1715416.071
73		5760	5760	34	10.5	195840	60480	35.58441	746647.9592

Total 893008.5 15627649 7184783  
 Titik Massa x 17.5  
 Titik Massa y 8.045593  
 Mx,My = 91123.32  
 Mz = 0  
 Mrz = 43715342

29		1728		1728	25	0	43200	0	25	110925
30		1728		1728	30	0	51840	0	30	159414.8
31		1728		1728	35	0	60480	0	35	216720.9
32		1728		1728	5	6	8640	10368	7.81025	11476.84
33		1728		1728	10	6	17280	10368	11.6619	24701.33
34		1728		1728	15	6	25920	10368	16.15549	46742.14
35		1728		1728	20	6	34560	10368	20.88061	77599.29
36		1728		1728	25	6	43200	10368	25.70992	117272.8
37		1728		1728	30	6	51840	10368	30.59412	165762.6
38		1728		1728	5	10.5	8640	18144	11.6297	24569.08
39		1728		1728	10	10.5	17280	18144	14.5	37793.57
40		1728		1728	15	10.5	25920	18144	18.30983	59834.39
41		1728		1728	20	10.5	34560	18144	22.58871	90691.53
42		1728		1728	25	10.5	43200	18144	27.11549	130365
43		1728		1728	30	10.5	51840	18144	31.78443	178854.8
44		1728		1728	0	16.5	0	28512	16.5	48725.82
45		1728		1728	5	16.5	8640	28512	17.24094	53133.98
46		1728		1728	10	16.5	17280	28512	19.29378	66358.47
47		1728		1728	15	16.5	25920	28512	22.2991	88399.29
48		1728		1728	20	16.5	34560	28512	25.92778	119256.4
49		1728		1728	25	16.5	43200	28512	29.95413	158929.9
50		1728		1728	30	16.5	51840	28512	34.23814	207419.7
51		1728		1728	35	16.5	60480	28512	38.69431	264725.8
52	Dinding	35000		35000	17.5	0	612500	0	17.5	1108352
53		35000		35000	17.5	6	612500	210000	18.5	1236923
54		35000		35000	17.5	10.5	612500	367500	20.40833	1502102
55		35000		35000	17.5	16.5	612500	577500	24.05203	2080673
56		16500		16500	0	8.25	0	136125	8.25	121478.8
57		16500		16500	5	8.25	82500	136125	9.646891	163570.6
58		16500		16500	10	8.25	165000	136125	12.96389	289846.1
59		16500		16500	15	8.25	247500	136125	17.11907	500305.3

29		1728	1728	25	0	43200	0	25	110925
30		1728	1728	30	0	51840	0	30	159414.8
31		1728	1728	35	0	60480	0	35	216720.9
32		1728	1728	5	6	8640	10368	7.81025	11476.84
33		1728	1728	10	6	17280	10368	11.6619	24701.33
34		1728	1728	15	6	25920	10368	16.15549	46742.14
35		1728	1728	20	6	34560	10368	20.88061	77599.29
36		1728	1728	25	6	43200	10368	25.70992	117272.8
37		1728	1728	30	6	51840	10368	30.59412	165762.6
38		1728	1728	5	10.5	8640	18144	11.6297	24569.08
39		1728	1728	10	10.5	17280	18144	14.5	37793.57
40		1728	1728	15	10.5	25920	18144	18.30983	59834.39
41		1728	1728	20	10.5	34560	18144	22.58871	90691.53
42		1728	1728	25	10.5	43200	18144	27.11549	130365
43		1728	1728	30	10.5	51840	18144	31.78443	178854.8
44		1728	1728	0	16.5	0	28512	16.5	48725.82
45		1728	1728	5	16.5	8640	28512	17.24094	53133.98
46		1728	1728	10	16.5	17280	28512	19.29378	66358.47
47		1728	1728	15	16.5	25920	28512	22.2991	88399.29
48		1728	1728	20	16.5	34560	28512	25.92778	119256.4
49		1728	1728	25	16.5	43200	28512	29.95413	158929.9
50		1728	1728	30	16.5	51840	28512	34.23814	207419.7
51		1728	1728	35	16.5	60480	28512	38.69431	264725.8
52	Dinding	35000	35000	17.5	0	612500	0	17.5	1108352
53		35000	35000	17.5	6	612500	210000	18.5	1236923
54		35000	35000	17.5	10.5	612500	367500	20.40833	1502102
55		35000	35000	17.5	16.5	612500	577500	24.05203	2080673
56		16500	16500	0	8.25	0	136125	8.25	121478.8
57		16500	16500	5	8.25	82500	136125	9.646891	163570.6
58		16500	16500	10	8.25	165000	136125	12.96389	289846.1
59		16500	16500	15	8.25	247500	136125	17.11907	500305.3

60		16500	16500	20	8.25	330000	136125	21.63475	794948.2
61		16500	16500	25	8.25	412500	136125	26.32608	1173775
62		16500	16500	30	8.25	495000	136125	31.1137	1636785
63		16500	16500	35	8.25	577500	136125	35.95918	2183979
64	Shear wall	2880	2880	1	6	2880	17280	6.082763	12075
65		6480	6480	0	8.25	0	53460	8.25	47708.04
66		2880	2880	1	10.5	2880	30240	10.54751	33895.41
67		2880	2880	34	6	97920	17280	34.52535	351503.6
68		6480	6480	35	8.25	226800	53460	35.95918	857708
69		2880	2880	34	10.5	97920	30240	35.58441	373324

Total			748653.5			13336636	6287271
Titik Massa x						17.5	
Titik Massa y						8.25	
Mx,My	=	76393.21					
Mz	=	0					
Mrz	=	36958378					

TABEL PENULANGAN PELAT LANTAI 1-7

$f_c' = 24.61 \text{ MPa}$                        $b = 1000 \text{ mm}$   
 $f_y = 320 \text{ MPa}$                                $t = 120 \text{ mm}$   
 $d' = 20 \text{ mm}$                                   $dx = 95 \text{ mm}$   
 $\rho_{max} = 0.0272$                              $dy = 85 \text{ mm}$   
 $\rho_{min} = 0.0044$                              $m = 15.2975$   
 $q_u = 977.2 \text{ kg/m}^2$

TYPE	Lx (m)	Ly/Lx	Kategori	Daerah	C	Mu (N.mm)	Mn (N.mm)	Rn	$\rho_{perlu}$	$\rho_{pakai}$	Asperlu (cm <sup>2</sup> )	Dipakai	Aspakai (cm <sup>2</sup> )	Assusut perlu (cm <sup>2</sup> )	Tul. susut pakai	Assusut pakai (cm <sup>2</sup> )
A	3	1.6	plat 2 arah	Lap.x	58	5100984	6376230	0.707	0.0022	0.0044	4.18	D10-180	4.36	2.4	D8-200	2.51
	3		plat 2 arah	Tump.x	-58	-5100984	-6376230	-0.707	-0.0022	0.0044	4.18	D10-180	4.36	2.4	D8-200	2.51
	3		plat 2 arah	Lap.y	36	3166128	3957660	0.548	0.0017	0.0044	3.74	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
	3		plat 2 arah	Tump.y	-36	-3166128	-4.0E+06	-0.548	-0.0017	0.0044	3.74	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
B	4.5	1.1	plat 2 arah	Lap.x	42	8311086	1E+07	1.151	0.0037	0.0044	4.18	D10-180	4.36	2.4	D8-200	2.51
	4.5		plat 2 arah	Tump.x	-42	-8311086	-1E+07	-1.151	-0.0035	0.0044	4.18	D10-180	4.36	2.4	D8-200	2.51
	4.5		plat 2 arah	Lap.y	37	7321671	9152089	1.267	0.0041	0.0044	3.74	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
	4.5		plat 2 arah	Tump.y	-37	-7321671	-9152089	-1.267	-0.0038	0.0044	3.74	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
C	3	1.5	plat 2 arah	Lap.x	56	4925088	6156360	0.682	0.0022	0.0044	4.18	D10-180	4.36	2.4	D8-200	2.51
	3		plat 2 arah	Tump.x	-56	-4925088	-6156360	-0.682	-0.0021	0.0044	4.18	D10-180	4.36	2.4	D8-200	2.51
	3		plat 2 arah	Lap.y	37	3254076	4067595	0.451	0.0014	0.0044	3.74	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
	3		plat 2 arah	Tump.y	-37	-3254076	-4067595	-0.451	-0.0014	0.0044	3.74	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
D	1.5	2.6	plat 1 arah	Lap.x	63	1385181	1731476	0.192	0.0006	0.0044	4.18	D10-180	4.36	2.4	D8-200	2.51
	1.5		plat 1 arah	Tump.x	-63	-1385181	-1731476	-0.192	-0.0006	0.0044	4.18	D10-180	4.36	2.4	D8-200	2.51

TABEL PENULANGAN PELAT ATAP

$f_c' = 24.61 \text{ MPa}$

$f_y = 320 \text{ MPa}$

$d' = 40 \text{ mm}$

$\rho_{max} = 0.0272$

$\rho_{min} = 0.0044$

$q_u = 589.6 \text{ kg/m}^2$

$b = 1000 \text{ mm}$

$t = 120 \text{ mm}$

$dx = 75 \text{ mm}$

$dy = 65 \text{ mm}$

$m = 15.2975$

TYPE	Lx (m)	Ly/Lx	Kategori	Daerah	C	Mu (N.mm)	Mn (N.mm)	Rn	$\rho_{perlu}$	$\rho_{pakai}$	Asperlu (cm <sup>2</sup> )	Dipakai	Aspakai (cm <sup>2</sup> )	Assusut perlu (cm <sup>2</sup> )	Tul. susut pakai	Assusut pakai (cm <sup>2</sup> )
A	3	1.6	plat 2 arah	Lap.x	58	3077712	3847140	0.684	0.0022	0.0044	3.3	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
	3		plat 2 arah	Tump.x	-58	-3077712	-3847140	-0.684	-0.0021	0.0044	3.3	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
	3		plat 2 arah	Lap.y	36	1910304	2387880	0.565	0.0018	0.0044	2.86	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
	3		plat 2 arah	Tump.y	-36	-1910304	-2387880	-0.565	-0.0017	0.0044	2.86	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
B	4.5	1.1	plat 2 arah	Lap.x	42	5014548	6268185	1.114	0.0036	0.0044	3.30	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
	4.5		plat 2 arah	Tump.x	-42	-5014548	-6268185	-1.114	-0.0034	0.0044	3.30	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
	4.5		plat 2 arah	Lap.y	37	4417578	5521973	1.307	0.0042	0.0044	2.9	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51
	4.5		plat 2 arah	Tump.y	-37	-4417578	-5521973	-1.307	-0.004	0.0044	2.86	D10-200	3.93	2.4	D8-200	2.51

TABEL PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BLOK ANAK LANTAI

$f_c' = 24.61$  Mpa       $b = 200$  mm       $\rho_{\min} = 0.0036$   
 $f_y = 320$  Mpa       $h = 400$  mm       $\rho_{\max} = 0.0207$   
 $m = 18.64$        $d = 340.5$  mm       $dc = 40$  mm  
                   $d' = 59.5$  mm

Balok Anak	be (mm)	Daerah	Mu (Nmm)	Rn (Mpa)	$\rho$ perlu	$\rho$ pakai	$\rho'$ perlu	$\rho'$ pakai	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tulangan Pakai	As ada (mm <sup>2</sup> )	As' perlu (mm <sup>2</sup> )	Tulangan Pakai	As' ada (mm <sup>2</sup> )
BA-1	1250	tumpuan	2.93E+07	0.789011	0.005513	0.005513	0.002988	0.0036	375.4238	3-D19	850.15	245.16	2-D19	506.77
		lapangan	5.02E+07	0.432826	0.001122	0.0036	0.000673	0.00216	245.16	2-D19	506.77	147.096	2-D19	506.77
		tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
BA-2	1250	tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
		lapangan	5.02E+07	0.432826	0.001122	0.0036	0.000673	0.00216	245.16	2-D19	506.77	147.096	2-D19	506.77
		tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
BA-3	1250	tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
		lapangan	5.02E+07	0.432826	0.001122	0.0036	0.000673	0.00216	245.16	2-D19	506.77	147.096	2-D19	506.77
		tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
BA-4	1250	tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
		lapangan	5.02E+07	0.432826	0.001122	0.0036	0.000673	0.00216	245.16	2-D19	506.77	147.096	2-D19	506.77
		tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
BA-5	1250	tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
		lapangan	5.02E+07	0.432826	0.001122	0.0036	0.000673	0.00216	245.16	2-D19	506.77	147.096	2-D19	506.77
		tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
BA-6	1250	tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
		lapangan	5.02E+07	0.432826	0.001122	0.0036	0.000673	0.00216	245.16	2-D19	506.77	147.096	2-D19	506.77
		tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
BA-7	1250	tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
		lapangan	5.02E+07	0.432826	0.001122	0.0036	0.000673	0.00216	245.16	2-D19	506.77	147.096	2-D19	506.77
		tumpuan	2.93E+07	0.789011	0.005513	0.005513	0.002988	0.0036	375.4238	3-D19	850.15	245.16	2-D19	506.77
BA-8	1250	tumpuan	2.93E+07	0.789011	0.005513	0.005513	0.002988	0.0036	375.4238	3-D19	850.15	245.16	2-D19	506.77
		lapangan	5.02E+07	0.432826	0.001122	0.0036	0.000673	0.00216	245.16	2-D19	506.77	147.096	2-D19	506.77
		tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
BA-9	1250	tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
		lapangan	5.02E+07	0.432826	0.001122	0.0036	0.000673	0.00216	245.16	2-D19	506.77	147.096	2-D19	506.77
		tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
BA-10	1250	tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
		lapangan	5.02E+07	0.432826	0.001122	0.0036	0.000673	0.00216	245.16	2-D19	506.77	147.096	2-D19	506.77
		tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
BA-11	1250	tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
		lapangan	5.02E+07	0.432826	0.001122	0.0036	0.000673	0.00216	245.16	2-D19	506.77	147.096	2-D19	506.77
		tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
BA-12	1250	tumpuan	5.85E+07	1.578022	0.011157	0.011157	0.005975	0.005975	759.7944	3-D19	850.15	406.9312	2-D19	506.77
		lapangan	5.02E+07	0.432826	0.001122	0.0036	0.000673	0.00216	245.16	2-D19	506.77	147.096	2-D19	506.77
		tumpuan	2.93E+07	0.789011	0.005513	0.005513	0.002988	0.0036	375.4238	3-D19	850.15	245.16	2-D19	506.77

TABEL PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK ANAK

$f_c' = 24.61 \text{ mpa}$   
 $f_y = 320 \text{ mpa}$   
 $b = 200 \text{ mm}$   
 $h = 400 \text{ mm}$   
 $d = 340.5 \text{ mm}$

$A_v \text{ begel} = 157.1 \text{ mm}$   
 $\phi = 0,6 \text{ (SKSNI 3.2.3-3)}$

No	Balok Anak	Daerah	Gaya Geser (N)	$V_{u,b}$ pakai(N)	$\phi V_c$ (N)	$\phi V_s$ (N)	S perlu (mm)	S max (mm)	Dipasang
1	BA-1	tumpuan lapangan	70250	65465.97	33783.36	31682.61	395.08	170.25	D10-150
2	BA-2	tumpuan lapangan	70250	65465.97	33783.36	31682.61	395.08	170.25	D10-150
3	BA-3	tumpuan lapangan	70250	65465.97	33783.36	31682.61	395.08	170.25	D10-150
4	BA-4	tumpuan lapangan	70250	65465.97	33783.36	31682.61	395.08	170.25	D10-150
5	BA-5	tumpuan lapangan	70250	65465.97	33783.36	31682.61	395.08	170.25	D10-150
6	BA-6	tumpuan lapangan	70250	65465.97	33783.36	31682.61	395.08	170.25	D10-150
7	BA-7	tumpuan lapangan	70250	65465.97	33783.36	31682.61	395.08	170.25	D10-150
8	BA-8	tumpuan lapangan	70250	65465.97	33783.36	31682.61	395.08	170.25	D10-150
9	BA-9	tumpuan lapangan	70250	65465.97	33783.36	31682.61	395.08	170.25	D10-150
10	BA-10	tumpuan lapangan	70250	65465.97	33783.36	31682.61	395.08	170.25	D10-150
11	BA-11	tumpuan lapangan	70250	65465.97	33783.36	31682.61	395.08	170.25	D10-150
12	BA-12	tumpuan lapangan	70250	65465.97	33783.36	31682.61	395.08	170.25	D10-150



TABEL PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR DAN MOMEN KAPASITAS BALOK ARAH X

$f_c' = 24.61$  Mpa       $b = 300$  mm       $\rho$  min      0.0036  
 $f_y = 390$  Mpa       $h = 500$  mm       $\rho$  maks      0.0207  
 $m = 18.64$        $d = 435.5$  mm       $dc = 40$  mm  
                           $d' = 64.5$  mm

Balok Induk	be (mm)	Daerah	Mu (Nmm)	Rn (Mpa)	$\rho$ perlu	$\rho$ pakai	$\rho'$ perlu	$\rho'$ pakai	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tulangan Pakai	As ada (mm <sup>2</sup> )	As' perlu (mm <sup>2</sup> )	Tulangan Pakai	As' ada (mm <sup>2</sup> )	Momen Kapasitas	
															Negatif(Nmm)	Positif(Nmm)
1029	716.7	tump(-)	2.80E+08	3.076774	0.017835	0.017835	0.009261	0.009261	2330.155	5-D25	2453.125	1209.914	3-D25	1471.875	457751672	370992915
		tump(+)	1.94E+08	2.125511	0.012157	0.012157	0.006398	0.006398	1588.272	4-D25	1962.5	835.8387	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	2-D25	981.25		
		lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
1030	716.7	tump(-)	2.79E+08	3.066888	0.017775	0.017775	0.009231	0.009231	2322.327	5-D25	2453.125	1206.027	3-D25	1471.875	457751672	370992915
		tump(+)	1.82E+08	2.003583	0.011441	0.011441	0.006031	0.006031	1494.733	4-D25	1962.5	787.8914	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
1031	716.7	tump(-)	2.80E+08	3.074577	0.017822	0.017822	0.009254	0.009254	2328.416	5-D25	2453.125	1209.05	3-D25	1471.875	457751672	370992915
		tump(+)	1.82E+08	2.000287	0.011421	0.011421	0.006021	0.006021	1492.209	4-D25	1962.5	786.5955	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
1032	716.7	tump(-)	2.80E+08	3.074577	0.017822	0.017822	0.009254	0.009254	2328.416	5-D25	2453.125	1209.05	3-D25	1471.875	457751672	370992915
		tump(+)	1.82E+08	2.000287	0.011421	0.011421	0.006021	0.006021	1492.209	4-D25	1962.5	786.5955	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
1033	716.7	tump(-)	2.80E+08	3.074577	0.017822	0.017822	0.009254	0.009254	2328.416	5-D25	2453.125	1209.05	3-D25	1471.875	457751672	370992915
		tump(+)	1.82E+08	2.000287	0.011421	0.011421	0.006021	0.006021	1492.209	4-D25	1962.5	786.5955	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
1034	716.7	tump(-)	2.80E+08	3.074577	0.017822	0.017822	0.009254	0.009254	2328.416	5-D25	2453.125	1209.05	3-D25	1471.875	457751672	370992915
		tump(+)	1.82E+08	2.000287	0.011421	0.011421	0.006021	0.006021	1492.209	4-D25	1962.5	786.5955	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
1035	716.7	tump(-)	2.95E+08	3.243739	0.01885	0.01885	0.009763	0.009763	2462.767	5-D25	2453.125	1275.572	3-D25	1471.875	457751672	370992915
		tump(+)	1.94E+08	2.125511	0.012157	0.012157	0.006398	0.006398	1588.272	4-D25	1962.5	835.8387	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	2-D25	981.25		
		lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
2029	716.7	tump(-)	3.40E+08	3.736945	0.021884	0.021884	0.011248	0.011248	2859.152	6-D25	2943.75	1469.521	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	2.33E+08	2.561598	0.014739	0.014739	0.00771	0.00771	1925.616	4-D25	1962.5	1007.326	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	2-D25	981.25		
		lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
2030	716.7	tump(-)	3.22E+08	3.539223	0.020661	0.020661	0.010653	0.010653	2699.382	6-D25	2943.75	1391.769	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	2.23E+08	2.444063	0.014039	0.014039	0.007356	0.007356	1834.253	4-D25	1962.5	961.1065	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		

2031	716.7 716.7	tump(-)	3.23E+08	3.546913	0.020709	0.020709	0.010676	0.010676	2705.573	6-D25	2943.75	1394.792	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	2.22E+08	2.434177	0.013981	0.013981	0.007327	0.007327	1826.583	4-D25	1962.5	957.2189	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
2032	716.7 716.7	tump(-)	3.23E+08	3.546913	0.020709	0.020709	0.010676	0.010676	2705.573	6-D25	2943.75	1394.792	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	2.22E+08	2.434177	0.013981	0.013981	0.007327	0.007327	1826.583	4-D25	1962.5	957.2189	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
2033	716.7 716.7	tump(-)	3.23E+08	3.546913	0.020709	0.020709	0.010676	0.010676	2705.573	6-D25	2943.75	1394.792	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	2.22E+08	2.434177	0.013981	0.013981	0.007327	0.007327	1826.583	4-D25	1962.5	957.2189	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
2034	716.7 716.7	tump(-)	3.23E+08	3.549111	0.020722	0.020722	0.010682	0.010682	2707.342	6-D25	2943.75	1395.656	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	2.52E+08	2.763714	0.015947	0.015947	0.008318	0.008318	2083.518	4-D25	1962.5	1086.806	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
2035	716.7 716.7	tump(-)	3.42E+08	3.754521	0.021993	0.021993	0.011301	0.011301	2873.412	6-D25	2943.75	1476.432	4-D25	1962.5	543082431	371147098
		tump(+)	2.33E+08	2.561598	0.014739	0.014739	0.007711	0.007711	1925.616	4-D25	1962.5	1007.326	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
3029	716.7 716.7	tump(-)	3.29E+08	3.615017	0.021129	0.021129	0.010881	0.010881	2760.487	6-D25	2943.75	1421.574	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	2.23E+08	2.450654	0.014079	0.014079	0.007376	0.007376	1839.367	4-D25	1962.5	963.6983	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
3030	716.7 716.7	tump(-)	3.11E+08	3.411803	0.019878	0.019878	0.010269	0.010269	2597.038	6-D25	2943.75	1341.661	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	2.11E+08	2.317741	0.013291	0.013291	0.006976	0.006976	1736.427	4-D25	1962.5	911.4313	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
3031	716.7 716.7	tump(-)	3.12E+08	3.427181	0.019972	0.019972	0.010315	0.010315	2609.365	6-D25	2943.75	1347.709	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	2.10E+08	2.303461	0.013206	0.013206	0.006933	0.006933	1725.392	4-D25	1962.5	905.8159	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
3032	716.7 716.7	tump(-)	3.12E+08	3.427181	0.019972	0.019972	0.010315	0.010315	2609.365	6-D25	2943.75	1347.709	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	2.10E+08	2.303461	0.013206	0.013206	0.006933	0.006933	1725.392	4-D25	1962.5	905.8159	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
3033	716.7 716.7	tump(-)	3.12E+08	3.427181	0.019972	0.019972	0.010315	0.010315	2609.365	6-D25	2943.75	1347.709	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	2.10E+08	2.303461	0.013206	0.013206	0.006933	0.006933	1725.392	4-D25	1962.5	905.8159	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
3034	716.7 716.7	tump(-)	3.12E+08	3.431575	0.019999	0.019999	0.010329	0.010329	2612.888	6-D25	2943.75	1349.437	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	2.11E+08	2.317741	0.013291	0.013291	0.006976	0.006976	1736.427	4-D25	1962.5	911.4313	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		

3035	716.7	tump(+)	2.23E+08	2.450654	0.014079	0.014079	0.007376	0.007376	1839.367	4-D25	1962.5	963.6983	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
	716.7	lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	3.00E+08	3.295366	0.019165	0.019165	0.009919	0.009919	2503.929	6-D25	2943.75	1295.874	3-D25	1471.875	543082431	371147098
4029	716.7	tump(+)	1.96E+08	2.156268	0.012338	0.012338	0.00649	0.00649	1611.92	4-D25	1962.5	847.9335	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
	716.7	lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	2.82E+08	3.099841	0.017975	0.017975	0.00933	0.00933	2348.431	6-D25	2943.75	1218.985	3-D25	1471.875	543082431	371147098
4030	716.7	tump(+)	1.84E+08	2.017863	0.011524	0.011524	0.006074	0.006074	1505.671	4-D25	1962.5	793.5068	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	2.84E+08	3.119613	0.018095	0.018095	0.00939	0.00939	2364.108	6-D25	2943.75	1226.761	3-D25	1471.875	543082431	371147098
4031	716.7	tump(+)	1.82E+08	1.995894	0.011396	0.011396	0.006007	0.006007	1488.845	4-D25	1962.5	784.8676	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	2.84E+08	3.119613	0.018095	0.018095	0.00939	0.00939	2364.108	6-D25	2943.75	1226.761	3-D25	1471.875	543082431	371147098
4032	716.7	tump(+)	1.82E+08	1.995894	0.011396	0.011396	0.006007	0.006007	1488.845	4-D25	1962.5	784.8676	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	2.84E+08	3.119613	0.018095	0.018095	0.00939	0.00939	2364.108	6-D25	2943.75	1226.761	3-D25	1471.875	543082431	371147098
4033	716.7	tump(+)	1.82E+08	1.995894	0.011396	0.011396	0.006007	0.006007	1488.845	4-D25	1962.5	784.8676	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	2.85E+08	3.125106	0.018128	0.018128	0.009406	0.009406	2368.465	6-D25	2943.75	1228.92	3-D25	1471.875	543082431	371147098
4034	716.7	tump(+)	1.84E+08	2.017863	0.011524	0.011524	0.006074	0.006074	1505.671	4-D25	1962.5	793.5068	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	3.04E+08	3.339305	0.019434	0.019434	0.010051	0.010051	2539.019	6-D25	2943.75	1313.152	3-D25	1471.875	543082431	371147098
4035	716.7	tump(+)	1.96E+08	2.156268	0.012338	0.012338	0.00649	0.00649	1611.92	4-D25	1962.5	847.9335	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
	716.7	lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	2.62E+08	2.879052	0.016641	0.016641	0.008666	0.008666	2174.087	5-D25	2453.125	1132.162	3-D25	1471.875	455954434	282495475
5029	716.7	tump(+)	1.62E+08	1.774006	0.010099	0.010099	0.00534	0.00534	1319.492	3-D25	1471.875	697.6121	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
	716.7	lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	2.45E+08	2.69561	0.015539	0.015539	0.008113	0.008113	2030.198	5-D25	2453.125	1060.025	3-D25	1471.875	455954434	282495475
5030	716.7	tump(+)	1.48E+08	1.626813	0.009244	0.009244	0.004897	0.004897	1207.726	3-D25	1471.875	639.7298	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	2.48E+08	2.718677	0.015677	0.015677	0.008183	0.008183	2048.245	5-D25	2453.125	1069.096	3-D25	1471.875	455954434	282495475
5031	716.7	tump(+)	1.46E+08	1.603745	0.00911	0.00911	0.004827	0.004827	1190.252	3-D25	1471.875	630.6586	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		

5032	716.7	tump(+)	1.46E+08	1.603745	0.00911	0.00911	0.004827	0.004827	1190.252	3-D25	2453.125	1069.096	3-D25	1471.875	455954434	282495475
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
5033	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25	455954434	282495475
		tump(-)	2.48E+08	2.718677	0.015677	0.015677	0.008183	0.008183	2048.245	5-D25	2453.125	1069.096	3-D25	1471.875		
		tump(+)	1.46E+08	1.603745	0.00911	0.00911	0.004827	0.004827	1190.252	3-D25	1471.875	630.6586	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
5034	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25	455954434	282495475
		tump(-)	2.48E+08	2.726366	0.015723	0.015723	0.008206	0.008206	2054.263	5-D25	2453.125	1072.12	3-D25	1471.875		
		tump(+)	1.48E+08	1.626813	0.009244	0.009244	0.004897	0.004897	1207.726	3-D25	1471.875	639.7298	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
5035	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25	455954434	282495475
		tump(-)	2.67E+08	2.930679	0.016952	0.016952	0.008821	0.008821	2214.738	5-D25	2453.125	1152.464	3-D25	1471.875		
		tump(+)	1.62E+08	1.774006	0.010099	0.010099	0.00534	0.00534	1319.492	3-D25	1471.875	697.6121	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
6029	716.7	lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25	370131917	282496766
		tump(-)	2.16E+08	2.36827	0.01359	0.01359	0.007128	0.007128	1775.512	4-D25	1962.5	931.3014	3-D25	1471.875		
		tump(+)	1.18E+08	1.298374	0.007347	0.007347	0.003908	0.003908	959.9341	3-D25	1471.875	510.5743	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
6030	716.7	lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25	370131917	282496766
		tump(-)	2.00E+08	2.199108	0.01259	0.01259	0.006619	0.006619	1644.894	4-D25	1962.5	864.7799	3-D25	1471.875		
		tump(+)	1.05E+08	1.148984	0.00649	0.00649	0.003458	0.0036	847.9302	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
6031	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25	370131917	282496766
		tump(-)	2.03E+08	2.224372	0.012739	0.012739	0.006695	0.006695	1664.36	4-D25	1962.5	874.7149	3-D25	1471.875		
		tump(+)	1.02E+08	1.122621	0.006339	0.006339	0.003379	0.0036	828.2092	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
6032	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25	370131917	282496766
		tump(-)	2.03E+08	2.224372	0.012739	0.012739	0.006695	0.006695	1664.36	4-D25	1962.5	874.7149	3-D25	1471.875		
		tump(+)	1.02E+08	1.122621	0.006339	0.006339	0.003379	0.0036	828.2092	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
6033	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25	370131917	282496766
		tump(-)	2.03E+08	2.224372	0.012739	0.012739	0.006695	0.006695	1664.36	4-D25	1962.5	874.7149	3-D25	1471.875		
		tump(+)	1.02E+08	1.122621	0.006339	0.006339	0.003379	0.0036	828.2092	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
6034	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25	370131917	282496766
		tump(-)	2.03E+08	2.230963	0.012778	0.012778	0.006715	0.006715	1669.441	4-D25	1962.5	877.3067	3-D25	1471.875		
		tump(+)	1.05E+08	1.148984	0.00649	0.00649	0.003458	0.0036	847.9302	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
6035	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25	370131917	282496766
		tump(-)	2.21E+08	2.430882	0.013961	0.013961	0.007317	0.007317	1824.027	4-D25	1962.5	955.923	3-D25	1471.875		
		tump(+)	1.18E+08	1.298374	0.007347	0.007347	0.003908	0.003908	959.9341	3-D25	1471.875	510.5743	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		

7029	716.7	tump(+)	6.73E+07	0.739261	0.004155	0.004155	0.002225	0.0036	542.8969	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
7030	716.7	tump(-)	1.46E+08	1.605942	0.009123	0.009123	0.004834	0.004834	1191.915	4-D25	1962.5	631.5226	3-D25	1471.875	370131917	282496766
		tump(+)	5.42E+07	0.595363	0.003341	0.0036	0.001792	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
7031	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	1.46E+08	1.605942	0.009123	0.009123	0.004834	0.004834	1191.915	4-D25	1962.5	631.5226	3-D25	1471.875	370131917	282496766
		tump(+)	5.14E+07	0.564606	0.003167	0.0036	0.001699	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
7032	716.7	lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	1.46E+08	1.605942	0.009123	0.009123	0.004834	0.004834	1191.915	4-D25	1962.5	631.5226	3-D25	1471.875	370131917	282496766
7033	716.7	tump(+)	5.14E+07	0.564606	0.003167	0.0036	0.001699	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
7034	716.7	tump(-)	1.46E+08	1.605942	0.009123	0.009123	0.004834	0.004834	1191.915	4-D25	1962.5	631.5226	3-D25	1471.875	370131917	282496766
		tump(+)	5.42E+07	0.595363	0.003341	0.0036	0.001792	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
7035	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	1.65E+08	1.808058	0.010298	0.010298	0.005442	0.005442	1345.413	4-D25	1962.5	711.0028	3-D25	1471.875	370131917	282496766
		tump(+)	6.73E+07	0.739261	0.004155	0.004155	0.002225	0.0036	542.8969	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
8029	716.7	lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	9.50E+07	1.043533	0.005887	0.005887	0.003141	0.0036	769.1253	4-D25	1962.5	470.34	3-D25	1471.875	370131917	282496766
8030	716.7	tump(+)	3.37E+07	0.370179	0.002072	0.0036	0.001114	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	8.18E+07	0.898537	0.00506	0.00506	0.002704	0.0036	661.1083	4-D25	1962.5	470.34	3-D25	1471.875	370131917	282496766
8031	716.7	tump(+)	2.19E+07	0.240562	0.001344	0.0036	0.000724	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
8032	716.7	tump(-)	8.29E+07	0.91062	0.005129	0.005129	0.002741	0.0036	670.0949	4-D25	1962.5	470.34	3-D25	1471.875	370131917	282496766
		tump(+)	2.10E+07	0.230676	0.001289	0.0036	0.000694	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
8032	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	8.29E+07	0.91062	0.005129	0.005129	0.002741	0.0036	670.0949	4-D25	1962.5	470.34	3-D25	1471.875	370131917	282496766
		tump(+)	2.10E+07	0.230676	0.001289	0.0036	0.000694	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
8032	716.7	lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		

8033	716.7	tump(-)	8.29E+07	0.91062	0.005129	0.005129	0.002741	0.0036	670.0949	4-D25	1962.5	470.34	3-D25	1471.875	370131917	282496766
		tump(+)	2.10E+07	0.230676	0.001289	0.0036	0.000694	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
8034	716.7	lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25	370131917	282496766
		tump(-)	8.29E+07	0.91062	0.005129	0.005129	0.002741	0.0036	670.0949	4-D25	1962.5	470.34	3-D25	1471.875		
		tump(+)	2.19E+07	0.240562	0.001344	0.0036	0.000724	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
8035	716.7	lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25	370131917	282496766
		lap(+)	2.92E+07	0.268522	0.000693	0.0036	0.000416	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		
		tump(-)	9.75E+07	1.070994	0.006044	0.006044	0.003224	0.0036	789.6272	4-D25	1962.5	470.34	3-D25	1471.875		
8035	716.7	tump(+)	3.37E+07	0.370179	0.002072	0.0036	0.001114	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875	370131917	282496766
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	2-D25	981.25	282.204	2-D25	981.25		
	716.7	lap(+)	3.04E+07	0.279557	0.000722	0.0036	0.000433	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	2-D25	981.25		

$f_c' = 24.61$  Mpa       $b = 400$        $300$  mm       $\rho_{\min} = 0.0036$   
 $f_y = 390$  Mpa       $h = 600$        $500$  mm       $\rho_{\max} = 0.0207$   
 $m = 18.64$        $d = 535.5$        $435.5$  mm       $dc = 40$  mm  
                   $d' = 64.5$        $64.5$  mm

Balok Induk	be (mm)	Daerah	Mu (Nmm)	Rn (Mpa)	$\rho$ perlu	$\rho$ pakai	$\rho'$ perlu	$\rho'$ pakai	As perlu (mm <sup>2</sup> )	Tulangan Pakal	As ada (mm <sup>2</sup> )	As' perlu (mm <sup>2</sup> )	Tulangan Pakal	As' ada (mm <sup>2</sup> )	Momen Kapasitas	
															Negatif(Nmm)	Positif(Nmm)
1060	1250	tump(-)	5.69E+08	3.102548	0.017698	0.017698	0.009045	0.009045	3790.861	8-D25	3925	1937.367	4-D25	1962.5	909900000	472290000
		tump(+)	2.27E+08	1.236333	0.006874	0.006874	0.003604	0.003604	1472.396	4-D25	1962.5	772.0208	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.96E+08	0.683498	0.002171	0.0036	0.001303	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
1068	1125	tump(-)	2.76E+08	3.030639	0.017556	0.017556	0.009122	0.009122	2293.647	5-D25	2453.125	1191.772	3-D25	1471.875	455954434	282495475
		tump(+)	1.58E+08	1.733363	0.009863	0.009863	0.005217	0.005217	1288.586	3-D25	1471.875	681.6297	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
		lap(+)	2.71E+07	0.158763	0.000498	0.0036	0.000299	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
1076	1250	tump(-)	5.73E+08	3.121619	0.017812	0.017812	0.0091	0.0091	3815.266	8-D25	3925	1949.276	4-D25	1962.5	909900000	472290000
		tump(+)	2.23E+08	1.217263	0.006766	0.006766	0.003549	0.0036	1449.339	4-D25	1962.5	771.12	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.96E+08	0.683149	0.00217	0.0036	0.001302	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
2060	1250	tump(-)	6.36E+08	3.462714	0.019863	0.019863	0.010095	0.010095	4254.579	9-D25	4415.625	2162.271	5-D25	2453.125	936240000	585040000
		tump(+)	2.7E+08	1.470087	0.008198	0.008198	0.004286	0.004286	1755.957	4-D25	1962.5	917.9868	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.92E+08	0.668851	0.002124	0.0036	0.001274	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
2068	1125	tump(-)	3.15E+08	3.457938	0.020161	0.020161	0.010408	0.010408	2634.039	6-D25	2943.75	1359.804	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	1.98E+08	2.178237	0.012467	0.012467	0.006556	0.006556	1628.825	4-D25	1962.5	856.5727	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
		lap(+)	2.96E+07	0.173409	0.000544	0.0036	0.000326	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
2076	1250	tump(-)	6.40E+08	3.484509	0.019995	0.019995	0.010158	0.010158	4282.836	9-D25	4415.625	2175.881	5-D25	2453.125	936240000	585040000
		tump(+)	2.72E+08	1.482074	0.008266	0.008266	0.004321	0.004321	1770.546	4-D25	1962.5	925.4723	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.92E+08	0.668503	0.002123	0.0036	0.001274	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
3060	1250	tump(-)	6.14E+08	3.34502	0.019152	0.019152	0.009752	0.009752	4102.384	9-D25	4415.625	2088.777	5-D25	2453.125	936240000	585040000
		tump(+)	2.48E+08	1.353483	0.007536	0.007536	0.003946	0.003946	1614.286	4-D25	1962.5	845.1739	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.93E+08	0.67199	0.002134	0.0036	0.001281	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
3068	1125	tump(-)	3.06E+08	3.355781	0.019535	0.019535	0.010101	0.010101	2552.192	6-D25	2943.75	1319.632	3-D25	1471.875	543082431	371147098
		tump(+)	1.89E+08	2.073884	0.011853	0.011853	0.006242	0.006242	1548.625	4-D25	1962.5	815.5367	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
		lap(+)	2.95E+07	0.172824	0.000542	0.0036	0.000325	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
3076	1250	tump(-)	6.17E+08	3.362456	0.019257	0.019257	0.009802	0.009802	4124.89	9-D25	4415.625	2099.665	5-D25	2453.125	936240000	585040000
		tump(+)	2.52E+08	1.370919	0.007635	0.007635	0.003997	0.003997	1635.443	4-D25	1962.5	856.0618	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.93E+08	0.671641	0.002133	0.0036	0.00128	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		

4060	1250	tump(-)	5.69E+08	3.097644	0.017668	0.017668	0.00903	0.00903	3784.588	8-D25	3925	1934.305	4-D25	1962.5	909900000	472290000
		tump(+)	2.05E+08	1.114825	0.006189	0.006189	0.00325	0.0036	1325.686	3-D25	1471.875	771.12	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
4068	1125	lap(+)	1.93E+08	0.671292	0.002132	0.0036	0.001279	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		tump(-)	2.82E+08	3.094349	0.017942	0.017942	0.009314	0.009314	2344.079	5-D25	2453.125	1216.826	3-D25	1471.875	455954434	282495475
		tump(+)	1.66E+08	1.820141	0.010368	0.010368	0.005478	0.005478	1354.617	3-D25	1471.875	715.7544	3-D25	1471.875		
4076	1250	lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
		lap(+)	2.99E+07	0.175167	0.00055	0.0036	0.00033	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
		tump(-)	5.71E+08	3.111266	0.01775	0.01775	0.00907	0.00907	3802.015	8-D25	3925	1942.811	4-D25	1962.5	909900000	472290000
5060	1250	tump(+)	2.07E+08	1.127902	0.006263	0.006263	0.003288	0.0036	1341.453	3-D25	1471.875	771.12	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.92E+08	0.670944	0.002131	0.0036	0.001279	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
5068	1125	tump(-)	5.11E+08	2.782159	0.015795	0.015795	0.008111	0.008111	3383.222	7-D25	3434.375	1737.302	4-D25	1962.5	803404693	472361360
		tump(+)	1.55E+08	0.845654	0.004679	0.004679	0.002465	0.0036	1002.309	3-D25	1471.875	771.12	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
5076	1250	lap(+)	1.93E+08	0.671292	0.002132	0.0036	0.001279	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		tump(-)	2.51E+08	2.751631	0.015875	0.015875	0.008282	0.008282	2074.049	5-D25	2453.125	1082.055	3-D25	1471.875	455954434	282495475
		tump(+)	1.35E+08	1.480718	0.008398	0.008398	0.004457	0.004457	1097.237	3-D25	1471.875	582.2794	3-D25	1471.875		
6060	1250	lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
		lap(+)	3.01E+07	0.176339	0.000553	0.0036	0.000332	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
		tump(-)	5.12E+08	2.791966	0.015853	0.015853	0.008139	0.008139	3395.636	7-D25	3434.375	1743.426	4-D25	1962.5	803404693	472361360
6068	1125	tump(+)	1.55E+08	0.845654	0.004679	0.004679	0.002465	0.0036	1002.309	3-D25	1471.875	771.12	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.92E+08	0.670944	0.002131	0.0036	0.001279	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
6076	1250	tump(-)	4.38E+08	2.386576	0.013472	0.013472	0.006957	0.006957	2885.799	6-D25	2943.75	1490.283	4-D25	1962.5	694682500	472386900
		tump(+)	1.18E+08	0.642959	0.003549	0.0036	0.001874	0.0036	771.12	3-D25	1471.875	771.12	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
7060	1250	lap(+)	1.93E+08	0.672339	0.002135	0.0036	0.001281	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		tump(-)	2.11E+08	2.317741	0.013291	0.013291	0.006976	0.006976	1736.427	4-D25	1962.5	911.4313	3-D25	1471.875	370131917	282496700
		tump(+)	9.54E+07	1.047926	0.005912	0.005912	0.003154	0.0036	772.4047	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
7068	1125	lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
		lap(+)	3.02E+07	0.176925	0.000555	0.0036	0.000333	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
		tump(-)	4.39E+08	2.394204	0.013517	0.013517	0.00698	0.00698	2895.332	6-D25	2943.75	1495.046	4-D25	1962.5	694682500	472386900
7060	1250	tump(+)	1.18E+08	0.642959	0.003549	0.0036	0.001874	0.0036	771.12	3-D25	1471.875	771.12	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.93E+08	0.67199	0.002134	0.0036	0.001281	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
7068	1125	tump(-)	3.56E+08	1.938139	0.010874	0.010874	0.00565	0.00565	2329.224	5-D25	2453.125	1210.259	3-D25	1471.875	583311398	356310798
		tump(+)	74000000	0.403211	0.002219	0.0036	0.001175	0.0036	771.12	3-D25	1471.875	771.12	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
7068	1125	lap(+)	1.91E+08	0.667457	0.00212	0.0036	0.001272	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		tump(-)	1.64E+08	1.805861	0.010285	0.010285	0.005435	0.005435	1343.74	4-D25	1962.5	710.1389	3-D25	1471.875	370131917	282496700
		tump(+)	5.31E+07	0.58328	0.003273	0.0036	0.001756	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
7068	1125	lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
		lap(+)	3.06E+07	0.179268	0.000563	0.0036	0.000338	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		



7076	1250 1250	tump(-)	3.55E+08	1.93378	0.010849	0.010849	0.005637	0.005637	2323.85	5-D25	2453.125	1207.537	3-D25	1471.875	583311398	356310798
		tump(+)	7.40E+07	0.403211	0.002219	0.0036	0.001175	0.0036	771.12	3-D25	1471.875	771.12	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.91E+08	0.667457	0.00212	0.0036	0.001272	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
8060	1250 1250	tump(-)	2.07E+08	1.128447	0.006266	0.006266	0.00329	0.0036	1342.11	4-D25	1962.5	771.12	3-D25	1471.875	472080200	359572817
		tump(+)	35200000	0.191798	0.001053	0.0036	0.000559	0.0036	771.12	3-D25	1471.875	771.12	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.37E+08	0.476007	0.001505	0.0036	0.000903	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
8068	1125 1125	tump(-)	1.02E+08	1.114932	0.006295	0.006295	0.003356	0.0036	822.4598	4-D25	1962.5	470.34	3-D25	1471.875	370131917	282496700
		tump(+)	29800000	0.32734	0.001831	0.0036	0.000985	0.0036	470.34	3-D25	1471.875	470.34	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.65E+07	0.096664	0.000303	0.0036	0.000182	0.00216	470.34	3-D25	1471.875	282.204	3-D25	1471.875		
8076	1250 1250	tump(-)	2.05E+08	1.117005	0.006201	0.006201	0.003256	0.0036	1328.314	4-D25	1962.5	771.12	3-D25	1471.875	472080200	359572817
		tump(+)	35200000	0.191798	0.001053	0.0036	0.000559	0.0036	771.12	3-D25	1471.875	771.12	3-D25	1471.875		
		lap(-)	0.00E+00	0	0	0.0036	0	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		
		lap(+)	1.37E+08	0.476356	0.001506	0.0036	0.000903	0.00216	771.12	3-D25	1471.875	462.672	3-D25	1471.875		

**TABEL PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK ARAH X**

$f_c' = 24.61 \text{ mpa}$   
 $f_y = 320 \text{ mpa}$   
 $b = 300 \text{ mm}$   
 $h = 500 \text{ mm}$   
 $d = 435.5 \text{ mm}$

$A_v \text{ begel} = 226,19 \text{ mm}$

$\phi = 0,6 \text{ (SKSNI 3.2.3-3)}$

$V_c = 0 \text{ untuk daerah sendi plastis (SKSNI 3.14.7-2.10)}$

$V_c = (f_c' \cdot 0.5 \cdot b_w \cdot d) / ((1 + (2.5 \cdot C_t^* \cdot T_u / V_u))) \cdot 0.5 \text{ untuk diluar sendi plastis (SKSNI 3.14.9-3.3b)}$

NO	BALOK	be (mm)	X2.Y (mm3)	Tu (Nmm)	Tc (Nmm)	Kontrol Torsi	Vg (N)	Vu maks (N)	Vub (N)	DAERAH SENDI PLASTIS					LUAR SENDI PLASTIS				
										Vu (N)	Vu,terpakai (N)	Av/S mm2/mm	S (mm)	DIPAKAI BEGEL	Vu,terpakai (N)	Vc (N)	Av/S mm2/mm	S (mm)	DIPAKAI BEGEL
1	1029	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	57400	245700	255060	245700	222438.62	2.182761	103.6275	D12-100	192286.957	107913.5	1.251522	180.7352	D12-175
2	1030	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56200	232340	237300	232340	210343.463	2.064073	109.5863	D12-100	181831.304	107907.3	1.148959	196.8687	D12-175
3	1031	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56100	232340	237300	232340	210343.463	2.064073	109.5863	D12-100	181831.304	107907.3	1.148959	196.8687	D12-175
4	1032	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56100	232340	237300	232340	210343.463	2.064073	109.5863	D12-100	181831.304	107907.3	1.148959	196.8687	D12-175
5	1033	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56100	232340	237300	232340	210343.463	2.064073	109.5863	D12-100	181831.304	107907.3	1.148959	196.8687	D12-175
6	1034	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56200	237300	376980	237300	214833.88	2.108137	107.2957	D12-100	185713.043	107909.7	1.187036	190.5537	D12-175
7	1035	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	57400	245700	255060	245700	222438.62	2.182761	103.6275	D12-100	192286.957	107913.5	1.251522	180.7352	D12-175
8	2029	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	60000	277600	202121	202121	182985.414	1.795612	125.9704	D12-100	158181.652	107890.1	1.11758	202.3962	D12-175
9	2030	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56400	269100	198340	198340	179562.378	1.762022	128.3718	D12-100	155222.609	107887.6	1.08221	209.0112	D12-175
10	2031	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56400	269100	198340	198340	179562.378	1.762022	128.3718	D12-100	155222.609	107887.6	1.08221	209.0112	D12-175
11	2032	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56400	269100	198340	198340	179562.378	1.762022	128.3718	D12-100	155222.609	107887.6	1.08221	209.0112	D12-175
12	2033	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56400	269100	198340	198340	179562.378	1.762022	128.3718	D12-100	155222.609	107887.6	1.08221	209.0112	D12-175
13	2034	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56400	269100	198340	198340	179562.378	1.762022	128.3718	D12-100	155222.609	107887.6	1.08221	209.0112	D12-175
14	2035	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	60000	277600	202121	202121	182985.414	1.795612	125.9704	D12-100	158181.652	107890.1	1.11758	202.3962	D12-175
15	3029	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	61800	267600	204010	204010	184695.575	1.812393	124.804	D12-100	159660	107891.3	1.135252	199.2457	D12-175
16	3030	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56500	259700	198400	198400	179616.696	1.762555	128.333	D12-100	155269.565	107887.6	1.082771	208.9029	D12-175
17	3031	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56500	259700	198400	198400	179616.696	1.762555	128.333	D12-100	155269.565	107887.6	1.082771	208.9029	D12-175
18	3032	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56500	259700	198400	198400	179616.696	1.762555	128.333	D12-100	155269.565	107887.6	1.082771	208.9029	D12-175
19	3033	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56500	259700	198400	198400	179616.696	1.762555	128.333	D12-100	155269.565	107887.6	1.082771	208.9029	D12-175
20	3034	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56500	259700	198400	198400	179616.696	1.762555	128.333	D12-100	155269.565	107887.6	1.082771	208.9029	D12-175
21	3035	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	61800	267600	204010	204010	184695.575	1.812393	124.804	D12-100	159660	107891.3	1.135252	199.2457	D12-175
22	4029	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	63400	244300	205690	205690	186216.523	1.827318	123.7847	D12-100	160974.783	107892.4	1.150968	196.525	D12-175
23	4030	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56700	237500	198800	198800	179978.826	1.766109	128.0748	D12-100	155582.609	107887.9	1.086513	208.1834	D12-175
24	4031	716.7	65836670	100000	9798169	PRAKTIS	56700	237500	198800	198800	179978.826	1.766109	128.0748	D12-100	155582.609	107887.9	1.086513	208.1834	D12-175
25	4032	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56700	237500	198800	198800	179978.826	1.766109	128.0748	D12-100	155582.609	107887.9	1.086513	208.1834	D12-175

26	4033	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56700	237500	198800	198800	179978.826	1.766109	128.0748	D12-100	155582.609	107887.9	1.086513	208.1834	D12-175
27	4034	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56700	237500	198800	198800	179978.826	1.766109	128.0748	D12-100	155582.609	107887.9	1.086513	208.1834	D12-175
28	4035	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	63400	244300	205690	205690	186216.523	1.827318	123.7847	D12-100	160974.783	107892.4	1.150968	196.525	D12-175
29	5029	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	64600	214800	180200	180200	163139.761	1.600869	141.2945	D12-100	141026.087	107874	0.912525	247.8771	D12-175
30	5030	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56800	209100	172000	172000	155716.087	1.528021	148.0306	D12-100	134608.696	107867	0.835827	270.623	D12-175
31	5031	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56800	209100	172000	172000	155716.087	1.528021	148.0306	D12-100	134608.696	107867	0.835827	270.623	D12-175
32	5032	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56800	209100	172000	172000	155716.087	1.528021	148.0306	D12-100	134608.696	107867	0.835827	270.623	D12-175
33	5033	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56800	209100	172000	172000	155716.087	1.528021	148.0306	D12-100	134608.696	107867	0.835827	270.623	D12-175
34	5034	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56800	209100	172000	172000	155716.087	1.528021	148.0306	D12-100	134608.696	107867	0.835827	270.623	D12-175
35	5035	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	64600	214800	180200	180200	163139.761	1.600869	141.2945	D12-100	141026.087	107874	0.912525	247.8771	D12-175
36	6029	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	65400	178900	167980	167980	152076.676	1.492308	151.5732	D12-100	131462.609	107863.3	0.798228	283.3701	D12-175
37	6030	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56900	174200	159150	159150	144082.647	1.413864	159.9828	D12-100	124552.174	107854.5	0.715646	316.0695	D12-175
38	6031	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56900	174200	159150	159150	144082.647	1.413864	159.9828	D12-100	124552.174	107854.5	0.715646	316.0695	D12-175
39	6032	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56900	174200	159150	159150	144082.647	1.413864	159.9828	D12-100	124552.174	107854.5	0.715646	316.0695	D12-175
40	6033	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56900	174200	159150	159150	144082.647	1.413864	159.9828	D12-100	124552.174	107854.5	0.715646	316.0695	D12-175
41	6034	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	56900	174200	159150	159150	144082.647	1.413864	159.9828	D12-100	124552.174	107854.5	0.715646	316.0695	D12-175
42	6035	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	65400	178900	167980	167980	152076.676	1.492308	151.5732	D12-100	131462.609	107863.3	0.798228	283.3701	D12-175
43	7029	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	66300	136400	168930	136400	123486.478	1.211757	186.6662	D12-100	106747.826	107826.5	0.502917	449.764	D12-175
44	7030	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	57100	133800	159650	133800	121132.63	1.188659	190.2935	D12-100	104713.043	107822.7	0.478609	472.6066	D12-175
45	7031	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	57100	133800	159650	133800	121132.63	1.188659	190.2935	D12-100	104713.043	107822.7	0.478609	472.6066	D12-175
46	7032	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	57100	133800	159650	133800	121132.63	1.188659	190.2935	D12-100	104713.043	107822.7	0.478609	472.6066	D12-175
47	7033	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	57100	133800	159650	133800	121132.63	1.188659	190.2935	D12-100	104713.043	107822.7	0.478609	472.6066	D12-175
48	7034	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	57100	133800	159650	133800	121132.63	1.188659	190.2935	D12-100	104713.043	107822.7	0.478609	472.6066	D12-175
49	7035	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	66300	136400	168930	136400	123486.478	1.211757	186.6662	D12-100	106747.826	107826.5	0.502917	449.764	D12-175
50	8029	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	44300	79800	145830	79800	72245.0217	0.708931	319.0635	D12-100	62452.1739	107688.2	0.501623	450.9243	D12-175
51	8030	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	35900	76800	137010	76800	69529.0435	0.682279	331.527	D12-100	60104.3478	107675.2	0.4417	512.0987	D12-175
52	8031	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	35900	76800	137010	76800	69529.0435	0.682279	331.527	D12-100	60104.3478	107675.2	0.4417	512.0987	D12-175
53	8032	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	35900	76800	137010	76800	69529.0435	0.682279	331.527	D12-100	60104.3478	107675.2	0.4417	512.0987	D12-175
54	8033	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	35900	76800	137010	76800	69529.0435	0.682279	331.527	D12-100	60104.3478	107675.2	0.4417	512.0987	D12-175
55	8034	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	35900	76800	137010	76800	69529.0435	0.682279	331.527	D12-100	60104.3478	107675.2	0.4417	512.0987	D12-175
56	8035	716.7	65836670	100000	9875501	PRAKTIS	44300	79800	145830	79800	72245.0217	0.708931	319.0635	D12-100	62452.1739	107688.2	0.501623	450.9243	D12-175

**TABEL PENULANGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK ARAH Y**

$f_c' = 24.61 \text{ mpa}$   
 $f_y = 320 \text{ mpa}$   
 $b = 400 \quad 300 \text{ mm}$   
 $h = 600 \quad 500 \text{ mm}$   
 $d = 535.5 \quad 435.5 \text{ mm}$   
 $Av \text{ begel} = 226,19 \text{ mm}$   
 $\phi = 0,6 \text{ (SKSNI 3.2.3-3)}$   
 $Vc = 0 \text{ untuk daerah sendi plastis (SKSNI 3.14.7-2.10)}$   
 $Vc = (f_c' \cdot 0.5 \cdot b_w \cdot d / 6) / ((1 + (2.5 \cdot C_t \cdot (T_u / V_u)))^{0.5}) \text{ untuk diluar sendi plastis (SKSNI 3.14.9-3.3b)}$

NO	BALOK	be (mm)	X2.Y (mm3)	Tu (Nmm)	Tc (Nmm)	Kontrol Torsi	Vg (N)	Vu maks (N)	Vub (N)	DAERAH SENDI PLASTIS					LUAR SENDI PLASTIS				
										Vu (N)	Vu,terpakai (N)	Av/S mm2/mm	S (mm)	DIPAKAI BEGEL	Vu,terpakai (N)	Vc (N)	Av/S mm2/mm	S (mm)	DIPAKAI BEGEL
1	1060	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	176500	422500	355060	355060	321703.047	2.567319	88.10514	D12-75	280310.53	177006.5	1.389441	162.795	D12-150
2	1068	1125	85837500	100000	12774800	PRAKTIS	76200	264700	202840	202840	181807.424	2.174314	104.0301	D12-100	154544.76	107921.3	1.073862	210.6361	D12-200
3	1076	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	177800	423600	356400	356400	322917.158	2.577008	87.77388	D12-75	281368.42	177006.8	1.397881	161.812	D12-150
4	2060	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	179500	461500	375290	375290	340032.492	2.713595	83.35583	D12-75	296281.58	177011.6	1.516871	149.1188	D12-150
5	2068	1125	85837500	100000	12774800	PRAKTIS	76300	299000	232340	232340	208248.555	2.043516	110.6887	D12-100	177020.95	107934.1	1.101598	205.3327	D12-200
6	2076	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	181100	462800	376980	376980	341563.721	2.725815	82.98215	D12-75	297615.79	177012	1.527517	148.0795	D12-150
7	3060	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	181800	445700	377710	377710	342225.139	2.731094	82.82177	D12-75	298192.11	177012.2	1.532115	147.6351	D12-150
8	3068	1125	85837500	100000	12774800	PRAKTIS	76200	290800	232340	232340	208248.555	2.043516	110.6887	D12-100	177020.95	107934.1	1.101598	205.3327	D12-200
9	3076	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	183000	446700	378970	378970	343366.766	2.740204	82.5464	D12-75	299186.84	177012.5	1.540052	146.8742	D12-150
10	4060	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	183700	414100	362630	362630	328561.866	2.622055	86.26592	D12-75	286286.84	177008.5	1.437125	157.3935	D12-150
11	4068	1125	85837500	100000	12774800	PRAKTIS	76100	270000	202630	202630	181619.199	2.172063	104.1379	D12-100	154384.76	107921.2	1.071949	211.0119	D12-200
12	4076	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	184700	414900	363670	363670	329504.161	2.629575	86.01922	D12-75	287107.89	177008.7	1.443676	156.6792	D12-150
13	5060	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	185300	374800	351230	351230	318232.866	2.539626	89.06588	D12-75	277286.84	177005.4	1.365315	165.6716	D12-150
14	5068	1125	85837500	100000	12774800	PRAKTIS	76000	242400	202630	202630	181619.199	2.172063	104.1379	D12-100	154384.76	107921.2	1.071949	211.0119	D12-200
15	5076	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	186000	375400	351900	351900	318839.921	2.54447	88.89631	D12-75	277815.79	177005.6	1.369536	165.1611	D12-150
16	6060	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	186200	326700	338830	326700	296007.395	2.362257	95.75332	D12-75	257921.05	176998.2	1.210804	186.8131	D12-150
17	6068	1125	85837500	100000	12774800	PRAKTIS	76000	207500	202630	202630	181619.199	2.172063	104.1379	D12-100	154384.76	107921.2	1.071949	211.0119	D12-200
18	6076	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	186800	327100	339460	327100	296369.816	2.36515	95.63623	D12-75	258236.84	176998.3	1.213323	186.4252	D12-150
19	7060	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	187900	270800	312640	270800	245359.053	1.958063	115.5192	D12-75	213789.47	176976.7	0.858719	263.4088	D12-150
20	7068	1125	85837500	100000	12774800	PRAKTIS	75800	166600	188250	166600	149325.167	1.785844	126.6594	D12-100	126933.33	107899.3	0.743802	304.1051	D12-200
21	7076	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	187800	270600	311660	270600	245177.842	1.956617	115.6046	D12-75	213631.58	176976.6	0.857459	263.7957	D12-150
22	8060	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	125900	166500	234240	166500	150857.763	1.203905	187.8835	D12-75	131447.37	176898.2	0.201972	1119.93	D12-150
23	8068	1125	85837500	100000	12774800	PRAKTIS	48800	101300	159900	101300	90796.1548	1.085871	208.3066	D12-100	77180.952	107820.1	0.14936	1514.422	D12-200
24	8076	1250	1.39E+08	100000	20738820	PRAKTIS	125200	165800	233420	165800	150223.526	1.198844	188.6768	D12-75	130894.74	176897.3	0.197565	1144.907	D12-150

PERHITUNGAN GAYA-GAYA DAN MOMEN YANG DIPAKAI UNTUK PENULANGAN KOLOM PORTAL ARAH -Y

No	Kolom	Arah	Daerah	Dimen. Kol.		Tinggi h m	Nu N	Me Nm	Mkap, b, kiri		Mkap, b, kanan		$\alpha k$	$\Sigma$ Mkap, b	Mu rencana KNm	Mu=1.05* (M <sub>D</sub> +M <sub>L</sub> + 4/K *ME)	Mu pakai KNm	1,05 Ng N	Nu rencana KN	N pakai KN
				b mm	h mm				(-)	(+)	(-)	(+)								
1	K1004	x	atas	600	600	4	2881900	64400	457.7	370.9	457.7	370.9	0.216981	828.6	148.0628	259.3	148.0628	2650200	2772.136	2772.136
			bawah	600	600	4	2881900	232400	0	0	0	0	0.783019	0	0	472.5	472.5	2650200		
		y	atas	600	600	4	3952100	59700	0	0	909.9	472.3	0.210656	909.9	157.851	312.4	157.851	2650200	2759.304	2759.304
			bawah	600	600	4	3952100	223700	0	0	0	0	0.789344	0	0	493.4	493.4	2650200		
2	K1011	x	atas	600	600	4	3318200	64500	457.7	370.9	457.7	370.9	0.21688	828.6	147.9936	259.7	147.9936	3580300	3702.236	3318.2
			bawah	600	600	4	3318200	232900	0	0	0	0	0.78312	0	0	539.8	539.8	3580300		
		y	atas	600	600	4	3506400	99400	909.9	472.3	455.9	282.5	0.290643	1192.4	285.4049	352.1	285.4049	3580300	3723.278	3506.4
			bawah	600	600	4	3506400	242600	0	0	0	0	0.709357	0	0	579.6	579.6	3580300		
3	K1017	x	atas	600	600	4	3316900	64500	457.7	370.9	457.7	370.9	0.21688	828.6	147.9936	260	147.9936	3579000	3700.936	3316.9
			bawah	600	600	4	3316900	232900	0	0	0	0	0.78312	0	0	539.8	539.8	3579000		
		y	atas	600	600	4	3505300	99400	455.9	282.5	909.9	472.3	0.290643	1192.4	285.4049	353	285.4049	3579000	3721.978	3505.3
			bawah	600	600	4	3505300	242600	0	0	0	0	0.709357	0	0	579.6	579.6	3579000		
4	K1024	x	atas	600	600	4	3505300	64400	457.7	370.9	457.7	370.9	0.216981	828.6	148.0628	260.4	148.0628	2654000	2775.936	2775.936
			bawah	600	600	4	3505300	232400	0	0	0	0	0.783019	0	0	540.2	540.2	2654000		
		y	atas	600	600	4	3956300	59700	909.9	472.3	0	0	0.210656	909.9	157.851	312.8	157.851	2654000	2763.104	2763.104
			bawah	600	600	4	3956300	223700	0	0	0	0	0.789344	0	0	633.5	633.5	2654000		
5	K2004	x	atas	600	600	4	2497900	133700	543.1	371.1	543.1	371.1	0.451384	914.2	339.8339	537.8	339.8339	2309000	2447.169	2447.169
			bawah	600	600	4	2497900	162500	457.7	370.9	457.7	370.9	0.548616	828.6	374.3625	653.8	374.3625	2309000		
		y	atas	600	600	4	3394800	118600	0	0	936.2	585	0.46112	936.2	355.5179	553.2	355.5179	2309000	2424.291	2424.291
			bawah	600	600	4	3394800	138600	0	0	909.9	472.3	0.53888	909.9	403.7988	656.6	403.7988	2309000		
6	K2011	x	atas	600	600	4	2870500	133900	543.1	371.1	543.1	371.1	0.451298	914.2	339.7687	538.9	339.7687	3104000	3242.169	2870.5
			bawah	600	600	4	2870500	162800	457.7	370.9	457.7	370.9	0.548702	828.6	374.4216	655.1	374.4216	3104000		
		y	atas	600	600	4	3014100	173200	936.2	585	543.1	371.1	0.467476	1307.3	503.2851	754.5	503.2851	3104000	3264.992	3014.1
			bawah	600	600	4	3014100	197300	909.9	472.3	455.9	282.5	0.532524	1192.4	522.9257	858.5	522.9257	3104000		
7	K2017	x	atas	600	600	4	2869600	133900	543.1	371.1	543.1	371.1	0.451298	914.2	339.7687	539.5	339.7687	3104000	3242.169	2869.6
			bawah	600	600	4	2869600	162800	457.7	370.9	457.7	370.9	0.548702	828.6	374.4216	656	374.4216	3104000		
		y	atas	600	600	4	3013300	173200	543.1	371.1	936.2	585	0.467476	1307.3	503.2851	750.8	503.2851	3104000	3264.992	3013.3
			bawah	600	600	4	3013300	197300	455.9	282.5	909.9	472.3	0.532524	1192.4	522.9257	854.4	522.9257	3104000		
8	K2024	x	atas	600	600	4	2501100	133700	543.1	371.1	543.1	371.1	0.451384	914.2	339.8339	540.6	339.8339	2313000	2451.169	2451.169
			bawah	600	600	4	2501100	162500	457.7	370.9	457.7	370.9	0.548616	828.6	374.3625	657.5	374.3625	2313000		
		y	atas	600	600	4	3397900	118600	936.2	585	0	0	0.46112	936.2	355.5179	555.7	355.5179	2313000	2428.291	2428.291
			bawah	600	600	4	3397900	138600	909.9	472.3	0	0	0.53888	909.9	403.7988	659.6	403.7988	2313000		
9	K3004	x	atas	600	600	4	2106700	143000	543.1	371.1	543.1	371.1	0.516618	914.2	388.9469	575.3	388.9469	1967000	2108.805	2106.7
			bawah	600	600	4	2106700	133800	543.1	371.1	543.1	371.1	0.483382	914.2	363.9237	538.2	363.9237	1967000		
		y	atas	600	600	4	2800400	120400	0	0	936.2	585	0.517849	936.2	399.2558	576.9	399.2558	1967000	2085.325	2085.325
			bawah	600	600	4	2800400	112100	0	0	936.2	585	0.482151	936.2	371.7324	540.9	371.7324	1967000		

10	K3011	x	atas	600	600	4	2425500	143300	543.1	371.1	543.1	371.1	0.516583	914.2	388.9198	576.7	388.9198	2632000	2773.805	2425.5
			bawah	600	600	4	2425500	134100	543.1	371.1	543.1	371.1	0.483417	914.2	363.9508	539.7	363.9508	2632000		
		y	atas	600	600	4	2524100	178000	936.2	585	543.1	371.1	0.510614	1307.3	549.7269	767.5	549.7269	2632000	2797.228	2524.1
			bawah	600	600	4	2524100	170600	936.2	585	543.1	371.1	0.489386	1307.3	526.8731	737.1	526.8731	2632000		
11	K3017	x	atas	600	600	4	2424900	143300	543.1	371.1	543.1	371.1	0.516583	914.2	388.9198	577.6	388.9198	2632000	2773.805	2424.9
			bawah	600	600	4	2424900	134100	543.1	371.1	543.1	371.1	0.483417	914.2	363.9508	540.6	363.9508	2632000		
		y	atas	600	600	4	2523600	178000	543.1	371.1	936.2	585	0.510614	1307.3	549.7269	764.5	549.7269	2632000	2797.228	2523.6
			bawah	600	600	4	2523600	170600	543.1	371.1	936.2	585	0.489386	1307.3	526.8731	734.6	526.8731	2632000		
12	K3024	x	atas	600	600	4	2102600	143000	543.1	371.1	543.1	371.1	0.519618	914.2	388.9469	578.9	388.9469	1967000	2108.805	2102.6
			bawah	600	600	4	2102600	133800	543.1	371.1	543.1	371.1	0.483382	914.2	363.9237	542.1	363.9237	1967000		
		y	atas	600	600	4	2301600	120400	936.2	585	0	0	0.517849	936.2	399.2558	579	399.2558	1967000	2085.325	2085.325
			bawah	600	600	4	2301600	112100	936.2	585	0	0	0.482151	936.2	371.7324	542.4	371.7324	1967000		
13	K4004	x	atas	600	600	4	1706000	134800	543.1	371.1	543.1	371.1	0.541148	914.2	407.4145	542.3	407.4145	1622000	1767.441	1706
			bawah	600	600	4	1706000	114300	543.1	371.1	543.1	371.1	0.458852	914.2	345.4561	460.1	345.4561	1622000		
		y	atas	600	600	4	2218900	112400	0	0	909.9	472.3	0.543783	909.9	407.4728	548.3	407.4728	1622000	1739.95	1739.95
			bawah	600	600	4	2218900	94300	0	0	936.2	585	0.456217	936.2	351.7377	475.4	351.7377	1622000		
14	K4011	x	atas	600	600	4	1985700	135100	543.1	371.1	543.1	371.1	0.540833	914.2	407.177	543.8	407.177	2162000	2307.441	1985.7
			bawah	600	600	4	1985700	114700	543.1	371.1	543.1	371.1	0.459167	914.2	345.6936	461.5	345.6936	2162000		
		y	atas	600	600	4	2046500	165500	909.9	472.3	455.9	282.5	0.525564	1192.4	516.0912	714.9	516.0912	2162000	2316.57	2046.5
			bawah	600	600	4	2046500	149400	936.2	585	543.1	371.1	0.474436	1307.3	510.7782	651	510.7782	2162000		
15	K4017	x	atas	600	600	4	1985400	135100	543.1	371.1	543.1	371.1	0.540833	914.2	407.177	544.7	407.177	2162000	2307.441	1985.4
			bawah	600	600	4	1985400	114700	543.1	371.1	543.1	371.1	0.459167	914.2	345.6936	462.4	345.6936	2162000		
		y	atas	600	600	4	2046300	165500	455.9	282.5	909.9	472.3	0.525564	1192.4	516.0912	712.4	516.0912	2162000	2316.57	2046.3
			bawah	600	600	4	2046300	149400	543.1	371.1	936.2	585	0.474436	1307.3	510.7782	649.1	510.7782	2162000		
16	K4024	x	atas	600	600	4	1706800	134800	543.1	371.1	543.1	371.1	0.541148	914.2	407.4145	546.2	407.4145	1622000	1767.441	1706.8
			bawah	600	600	4	1706800	114300	543.1	371.1	543.1	371.1	0.458852	914.2	345.4561	463.8	345.4561	1622000		
		y	atas	600	600	4	2219700	112400	909.9	472.3	0	0	0.543783	909.9	407.4728	550	407.4728	1622000	1739.95	1739.95
			bawah	600	600	4	2219700	94300	936.2	585	0	0	0.456217	936.2	351.7377	476.5	351.7377	1622000		
17	K5004	x	atas	600	600	4	1318100	120900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.558688	738.4	339.7347	486.4	339.7347	1275000	1395.41	1318.1
			bawah	600	600	4	1318100	95500	543.1	371.1	543.1	371.1	0.441312	914.2	332.2511	384.1	332.2511	1275000		
		y	atas	600	600	4	1664500	100300	0	0	803.4	472.4	0.563167	803.4	372.6044	501.5	372.6044	1275000	1381.748	1381.748
			bawah	600	600	4	1664500	77800	0	0	909.9	472.3	0.436833	909.9	327.332	410.6	327.332	1275000		
18	K5011	x	atas	600	600	4	1551600	121200	455.9	282.5	455.9	282.5	0.558525	738.4	339.636	487.9	339.636	1694000	1814.41	1551.6
			bawah	600	600	4	1551600	95800	543.1	371.1	543.1	371.1	0.441475	914.2	332.3733	385.6	332.3733	1694000		
		y	atas	600	600	4	1584100	146900	803.4	472.4	455.9	282.5	0.537308	1085.9	480.4987	637.4	480.4987	1694000	1838.284	1584.1
			bawah	600	600	4	1584100	126500	909.9	472.3	455.9	282.5	0.462692	1192.4	454.3527	555.9	454.3527	1694000		
19	K5017	x	atas	600	600	4	1551600	121200	455.9	282.5	455.9	282.5	0.558525	738.4	339.636	488.9	339.636	1694000	1814.41	1551.6
			bawah	600	600	4	1551600	95800	543.1	371.1	543.1	371.1	0.441475	914.2	332.3733	386.6	332.3733	1694000		
		y	atas	600	600	4	1584200	146900	455.9	282.5	803.4	472.4	0.537308	1085.9	480.4987	635.5	480.4987	1694000	1838.284	1584.2
			bawah	600	600	4	1584200	126500	455.9	282.5	909.9	472.3	0.462692	1192.4	454.3527	554.4	454.3527	1694000		
20	K5024	x	atas	600	600	4	1318200	120900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.558688	738.4	339.7347	490.2	339.7347	1275000	1395.41	1318.2
			bawah	600	600	4	1318200	95500	543.1	371.1	543.1	371.1	0.441312	914.2	332.2511	387.2	332.2511	1275000		

		y	atas	600	600	4	1664500	100300	803.4	472.4	0	0	0.563167	803.4	372.8044	502.9	372.6044	1275000	1381.748	1381.748
			bawah	600	600	4	1664500	77800	909.9	472.3	0	0	0.436833	909.9	327.332	411.4	327.332	1275000		
21	K6004	x	atas	600	600	4	940000	104100	370.1	282.5	370.1	282.5	0.588136	652.6	316.0848	418.8	316.0848	926000	1035.014	940
			bawah	600	600	4	940000	72900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.411864	738.4	250.4523	293.3	250.4523	926000		
		y	atas	600	600	4	998400	86000	0	0	694.5	472.4	0.596808	694.5	341.3389	447.4	341.3389	926000	1020.529	998.4
			bawah	600	600	4	998400	58100	0	0	803.4	472.4	0.403192	803.4	266.7615	333.9	266.7615	926000		
22	K6011	x	atas	600	600	4	1123800	104500	370.1	282.5	370.1	282.5	0.587739	652.6	316.0848	420.5	316.0848	1227000	1336.014	1123.8
			bawah	600	600	4	1123800	73300	455.9	282.5	455.9	282.5	0.412261	738.4	250.6935	295.1	250.6935	1227000		
		y	atas	600	600	4	1128200	124700	694.5	472.4	370.1	282.5	0.556945	977	448.1114	547.1	448.1114	1227000	1359.981	1128.2
			bawah	600	600	4	1128200	99200	803.4	472.4	455.9	282.5	0.443055	1085.9	396.211	444.3	396.211	1227000		
23	K6017	x	atas	600	600	4	1124000	104500	370.1	282.5	370.1	282.5	0.587739	652.6	316.0848	421.4	316.0848	1227000	1336.014	1124
			bawah	600	600	4	1124000	73300	455.9	282.5	455.9	282.5	0.412261	738.4	250.6935	296.2	250.6935	1227000		
		y	atas	600	600	4	1128000	124700	370.1	282.5	694.5	472.4	0.556945	977	448.1114	545.8	448.1114	1227000	1359.981	1128
			bawah	600	600	4	1128000	99200	455.9	282.5	803.4	472.4	0.443055	1085.9	396.211	443.3	396.211	1227000		
24	K6024	x	atas	600	600	4	939500	104100	370.1	282.5	370.1	282.5	0.588136	652.6	316.0848	297.8	297.8	926000	1035.014	939.5
			bawah	600	600	4	939500	72900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.411864	738.4	250.4523	422.9	250.4523	926000		
		y	atas	600	600	4	1145300	86000	694.5	472.4	0	0	0.596808	694.5	341.3389	448.2	341.3389	926000	1020.529	1020.529
			bawah	600	600	4	1145300	58100	803.4	472.4	0	0	0.403192	803.4	266.7615	334.4	266.7615	926000		
25	K7004	x	atas	600	600	4	575200	81400	370.1	282.5	370.1	282.5	0.648032	652.6	347.2003	327.4	327.4	577000	688.6094	575.2
			bawah	600	600	4	575200	44600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.353968	652.6	190.235	179.4	179.4	577000		
		y	atas	600	600	4	673600	68300	0	0	583.3	356.3	0.668952	583.3	321.3409	368.3	321.3409	577000	658.2839	658.2839
			bawah	600	600	4	673600	33800	0	0	694.5	472.4	0.331048	694.5	189.34	234.9	189.34	577000		
26	K7011	x	atas	600	600	4	702400	81800	370.1	282.5	370.1	282.5	0.64511	652.6	346.7051	329.4	329.4	761000	872.6094	702.4
			bawah	600	600	4	702400	45000	370.1	282.5	370.1	282.5	0.35489	652.6	190.7302	181.4	181.4	761000		
		y	atas	600	600	4	714200	94400	583.3	356.3	370.1	282.5	0.594084	865.8	423.5891	422.7	422.7	761000	881.6508	714.2
			bawah	600	600	4	714200	64500	694.5	472.4	370.1	282.5	0.405916	977	326.595	303.3	303.3	761000		
27	K7017	x	atas	600	600	4	702800	81800	370.1	282.5	370.1	282.5	0.64511	652.6	346.7051	330.7	330.7	761000	872.6094	702.8
			bawah	600	600	4	702800	45000	370.1	282.5	370.1	282.5	0.35489	652.6	190.7302	182.6	182.6	761000		
		y	atas	600	600	4	714600	94400	370.1	282.5	583.3	356.3	0.594084	865.8	423.5891	420.2	420.2	761000	881.6508	714.6
			bawah	600	600	4	714600	64500	370.1	282.5	694.5	472.4	0.405916	977	326.595	302.4	302.4	761000		
28	K7024	x	atas	600	600	4	574200	81400	370.1	282.5	370.1	282.5	0.646032	652.6	347.2003	332.2	332.2	577000	688.6094	574.2
			bawah	600	600	4	574200	44600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.353968	652.6	190.235	184.4	184.4	577000		
		y	atas	600	600	4	672700	68300	583.3	356.3	0	0	0.668952	583.3	321.3409	370.7	321.3409	577000	658.2839	658.2839
			bawah	600	600	4	672700	33800	694.5	472.4	0	0	0.331048	694.5	189.34	235.6	189.34	577000		
29	K8004	x	atas	600	600	4	225800	49800	370.1	282.5	370.1	282.5	0.761468	652.6	409.2397	200.5	200.5	226000	340.205	225.8
			bawah	600	600	4	225800	15600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.238532	652.6	128.1956	62.7	62.7	226000		
		y	atas	600	600	4	256700	35200	0	0	472.1	359.6	0.832151	472.1	323.5306	277.7	277.7	226000	293.318	256.7
			bawah	600	600	4	256700	7100	0	0	583.3	356.3	0.167849	583.3	80.62859	142.1	80.62859	226000		
30	K8011	x	atas	600	600	4	282600	50400	370.1	282.5	370.1	282.5	0.760181	652.6	408.5481	202.7	202.7	297000	411.205	282.6
			bawah	600	600	4	282600	15900	370.1	282.5	370.1	282.5	0.239819	652.6	128.8872	64.3	64.3	297000		
		y	atas	600	600	4	290900	60300	472.1	359.6	370.1	282.5	0.672991	754.6	418.2204	293.1	293.1	297000	404.6004	290.9
			bawah	600	600	4	290900	29300	583.3	356.3	370.1	282.5	0.327009	865.8	233.1612	160.8	160.8	297000		

31	K8017	x	atas	600	600	4	282900	50400	370.1	282.5	370.1	282.5	0.760181	652.6	408.5481	204	204	297000	411.205	282.9
			bawah	600	600	4	282900	15900	370.1	282.5	370.1	282.5	0.239819	652.6	128.8872	65.3	65.3	297000		
		y	atas	600	600	4	291300	60300	370.1	282.5	472.1	359.6	0.672991	754.6	418.2204	295.8	295.8	297000	404.6004	291.3
			bawah	600	600	4	291300	29300	370.1	282.5	583.3	356.3	0.327009	865.8	233.1612	164.4	164.4	297000		
32	K8024	x	atas	600	600	4	225300	49800	370.1	282.5	370.1	282.5	0.761468	652.6	409.2397	206.2	206.2	226000	340.205	225.3
			bawah	600	600	4	225300	15600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.238532	652.6	128.1956	66.7	66.7	226000		
		y	atas	600	600	4	256200	35200	472.1	359.6	0	0	0.832151	472.1	323.5306	275.7	275.7	226000	293.318	256.2
					bawah	600	600	4	256200	7100	583.3	356.3	0	0	0.167849	583.3	80.62859	138.9	80.62859	226000



PERHITUNGAN GAYA-GAYA DAN MOMEN YANG DIPAKAI UNTUK PENULANGAN KOLOM PORTAL ARAH -X

No	Kolom	Arah	Daerah	Dimen. Kol.		Tinggi h m	Nu N	Me Nm	Mkap, b, kiri KNm		Mkap, b, kanan KNm		$\alpha$ k	$\Sigma$ Mkap, b	Mu rencana KNm	Mu=1.05* (M <sub>D</sub> +M <sub>L</sub> + 4/K *ME)	Mu pakai KNm	1,05 Ng N	Nu rencana KN	N pakai KN
				b mm	h mm				(-)	(+)	(-)	(+)								
1	K1001	x	atas	600	600	4	2881900	64400	457.7	0	0	370.9	0.216981	457.7	81.78657	259.3	81.78657	2650200	2717.555	2717.555
			bawah	600	600	4	2881900	232400	0	0	0	0	0	0.783019	0	0	472.5	472.5	2650200	
		y	atas	600	600	4	3952100	59700	0	0	909.9	472.3	0.210656	909.9	157.851	312.4	157.851	2650200	2759.304	2759.304
			bawah	600	600	4	3952100	223700	0	0	0	0	0.789344	0	0	493.4	493.4	2650200		
2	K1002	x	atas	600	600	4	2881900	64400	457.7	0	370.9	457.7	0.216981	828.6	148.0628	259.3	148.0628	2650200	2772.136	2772.136
			bawah	600	600	4	2881900	232400	0	0	0	0	0.783019	0	0	472.5	472.5	2650200		
		y	atas	600	600	4	3952100	59700	0	0	909.9	472.3	0.210656	909.9	157.851	312.4	157.851	2650200	2759.304	2759.304
			bawah	600	600	4	3952100	223700	0	0	0	0	0.789344	0	0	493.4	493.4	2650200		
3	K1003	x	atas	600	600	4	2881900	64400	457.7	0	370.9	457.7	0.216981	828.6	148.0628	259.3	148.0628	2650200	2772.136	2772.136
			bawah	600	600	4	2881900	232400	0	0	0	0	0.783019	0	0	472.5	472.5	2650200		
		y	atas	600	600	4	3952100	59700	0	0	909.9	472.3	0.210656	909.9	157.851	312.4	157.851	2650200	2759.304	2759.304
			bawah	600	600	4	3952100	223700	0	0	0	0	0.789344	0	0	493.4	493.4	2650200		
4	K1004	x	atas	600	600	4	2881900	64400	457.7	0	370.9	457.7	0.216981	828.6	148.0628	259.3	148.0628	2650200	2772.136	2772.136
			bawah	600	600	4	2881900	232400	0	0	0	0	0.783019	0	0	472.5	472.5	2650200		
		y	atas	600	600	4	3952100	59700	0	0	909.9	472.3	0.210656	909.9	157.851	312.4	157.851	2650200	2759.304	2759.304
			bawah	600	600	4	3952100	223700	0	0	0	0	0.789344	0	0	493.4	493.4	2650200		
5	K1005	x	atas	600	600	4	2881900	64400	457.7	0	370.9	457.7	0.216981	828.6	148.0628	259.3	148.0628	2650200	2772.136	2772.136
			bawah	600	600	4	2881900	232400	0	0	0	0	0.783019	0	0	472.5	472.5	2650200		
		y	atas	600	600	4	3952100	59700	0	0	909.9	472.3	0.210656	909.9	157.851	312.4	157.851	2650200	2759.304	2759.304
			bawah	600	600	4	3952100	223700	0	0	0	0	0.789344	0	0	493.4	493.4	2650200		
6	K1006	x	atas	600	600	4	2881900	64400	457.7	0	370.9	457.7	0.216981	828.6	148.0628	259.3	148.0628	2650200	2772.136	2772.136
			bawah	600	600	4	2881900	232400	0	0	0	0	0.783019	0	0	472.5	472.5	2650200		
		y	atas	600	600	4	3952100	59700	0	0	909.9	472.3	0.210656	909.9	157.851	312.4	157.851	2650200	2759.304	2759.304
			bawah	600	600	4	3952100	223700	0	0	0	0	0.789344	0	0	493.4	493.4	2650200		
7	K1007	x	atas	600	600	4	2881900	64400	457.7	0	370.9	457.7	0.216981	828.6	148.0628	259.3	148.0628	2650200	2772.136	2772.136
			bawah	600	600	4	2881900	232400	0	0	0	0	0.783019	0	0	472.5	472.5	2650200		
		y	atas	600	600	4	3952100	59700	0	0	909.9	472.3	0.210656	909.9	157.851	312.4	157.851	2650200	2759.304	2759.304
			bawah	600	600	4	3952100	223700	0	0	0	0	0.789344	0	0	493.4	493.4	2650200		
8	K1008	x	atas	600	600	4	2881900	64400	457.7	0	370.9	0	0.216981	457.7	81.78657	259.3	81.78657	2650200	2717.555	2717.555
			bawah	600	600	4	2881900	232400	0	0	0	0	0.783019	0	0	472.5	472.5	2650200		
		y	atas	600	600	4	3952100	59700	0	0	909.9	472.3	0.210656	909.9	157.851	312.4	157.851	2650200	2759.304	2759.304
			bawah	600	600	4	3952100	223700	0	0	0	0	0.789344	0	0	493.4	493.4	2650200		
9	K2001	x	atas	600	600	4	2497900	133700	0	0	543.1	371.1	0.451384	543.1	201.8856	537.8	201.8856	2309000	2391.082	2391.082
			bawah	600	600	4	2497900	162500	0	0	457.7	370.9	0.548616	457.7	206.7894	653.8	206.7894	2309000		
		y	atas	600	600	4	3394800	118600	0	0	936.2	585	0.46112	936.2	355.5179	553.2	355.5179	2309000	2424.291	2424.291
			bawah	600	600	4	3394800	138600	0	0	909.9	472.3	0.53888	909.9	403.7988	656.6	403.7988	2309000		

10	K2002	x	atas	600	600	4	2497900	133700	543.1	371.1	543.1	371.1	0.451384	914.2	339.8339	537.8	339.8339	2309000	2447.169	2447.169
		y	bawah	600	600	4	2497900	162500	457.7	370.9	457.7	370.9	0.548616	828.6	374.3625	653.8	374.3625	2309000		
11	K2003	x	atas	600	600	4	2497900	133700	543.1	371.1	543.1	371.1	0.451384	914.2	339.8339	537.8	339.8339	2309000	2447.169	2447.169
		y	bawah	600	600	4	2497900	162500	457.7	370.9	457.7	370.9	0.548616	828.6	374.3625	653.8	374.3625	2309000		
12	K2004	x	atas	600	600	4	2497900	133700	543.1	371.1	543.1	371.1	0.451384	914.2	339.8339	537.8	339.8339	2309000	2447.169	2447.169
		y	bawah	600	600	4	2497900	162500	457.7	370.9	457.7	370.9	0.548616	828.6	374.3625	653.8	374.3625	2309000		
13	K2005	x	atas	600	600	4	2497900	133700	543.1	371.1	543.1	371.1	0.451384	914.2	339.8339	537.8	339.8339	2309000	2447.169	2447.169
		y	bawah	600	600	4	2497900	162500	457.7	370.9	457.7	370.9	0.548616	828.6	374.3625	653.8	374.3625	2309000		
14	K2006	x	atas	600	600	4	2497900	133700	543.1	371.1	543.1	371.1	0.451384	914.2	339.8339	537.8	339.8339	2309000	2447.169	2447.169
		y	bawah	600	600	4	2497900	162500	457.7	370.9	457.7	370.9	0.548616	828.6	374.3625	653.8	374.3625	2309000		
15	K2007	x	atas	600	600	4	2497900	133700	543.1	371.1	543.1	371.1	0.451384	914.2	339.8339	537.8	339.8339	2309000	2447.169	2447.169
		y	bawah	600	600	4	2497900	162500	457.7	370.9	457.7	370.9	0.548616	828.6	374.3625	653.8	374.3625	2309000		
16	K2008	x	atas	600	600	4	2497900	133700	543.1	371.1	0	0	0.451384	543.1	201.8856	537.8	201.8856	2309000	2391.082	2391.082
		y	bawah	600	600	4	2497900	162500	457.7	370.9	0	0	0.548616	457.7	206.7894	653.8	206.7894	2309000		
17	K3001	x	atas	600	600	4	2106700	143000	0	0	543.1	371.1	0.516618	543.1	231.0622	575.3	231.0622	1967000	2051.242	2051.242
		y	bawah	600	600	4	2106700	133800	0	0	543.1	371.1	0.483382	543.1	216.1966	538.2	216.1966	1967000		
18	K3002	x	atas	600	600	4	2106700	143000	543.1	371.1	543.1	371.1	0.516618	914.2	388.9469	575.3	388.9469	1967000	2108.805	2106.7
		y	bawah	600	600	4	2106700	133800	543.1	371.1	543.1	371.1	0.483382	914.2	363.9237	538.2	363.9237	1967000		
19	K3003	x	atas	600	600	4	2106700	143000	543.1	371.1	543.1	371.1	0.516618	914.2	388.9469	575.3	388.9469	1967000	2108.805	2106.7
		y	bawah	600	600	4	2106700	133800	543.1	371.1	543.1	371.1	0.483382	914.2	363.9237	538.2	363.9237	1967000		
20	K3004	x	atas	600	600	4	2106700	143000	543.1	371.1	543.1	371.1	0.516618	914.2	388.9469	575.3	388.9469	1967000	2108.805	2106.7
		y	bawah	600	600	4	2106700	133800	543.1	371.1	543.1	371.1	0.483382	914.2	363.9237	538.2	363.9237	1967000		



		y	atas	600	600	4	2218900	112400	0	0	909.9	472.3	0.543783	909.9	407.4728	548.3	407.4728	1622000	1739.95	1739.95
			bawah	600	600	4	2218900	94300	0	0	936.2	585	0.456217	936.2	351.7377	475.4	351.7377	1622000		
32	K4008	x	atas	600	600	4	1706000	134800	543.1	371.1	0	0	0.541148	543.1	242.0333	542.3	242.0333	1622000	1708.402	1706
			bawah	600	600	4	1706000	114300	543.1	371.1	0	0	0.458852	543.1	205.2255	460.1	205.2255	1622000		
		y	atas	600	600	4	2218900	112400	0	0	909.9	472.3	0.543783	909.9	407.4728	548.3	407.4728	1622000	1739.95	1739.95
			bawah	600	600	4	2218900	94300	0	0	936.2	585	0.456217	936.2	351.7377	475.4	351.7377	1622000		
33	K5001	x	atas	600	600	4	1318100	120900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.558688	455.9	209.7576	486.4	209.7576	1275000	1349.343	1318.1
			bawah	600	600	4	1318100	95500	455.9	282.5	455.9	282.5	0.441312	455.9	197.3809	384.1	197.3809	1275000		
		y	atas	600	600	4	1664500	100300	0	0	803.4	472.4	0.563167	803.4	372.6044	501.5	372.6044	1275000	1381.748	1381.748
			bawah	600	600	4	1664500	77800	0	0	909.9	472.3	0.436833	909.9	327.332	410.6	327.332	1275000		
33	K5002	x	atas	600	600	4	1318100	120900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.558688	455.9	339.7347	486.4	339.7347	1275000	1395.41	1318.1
			bawah	600	600	4	1318100	95500	455.9	282.5	455.9	282.5	0.441312	455.9	332.2511	384.1	332.2511	1275000		
		y	atas	600	600	4	1664500	100300	0	0	803.4	472.4	0.563167	803.4	372.6044	501.5	372.6044	1275000	1381.748	1381.748
			bawah	600	600	4	1664500	77800	0	0	909.9	472.3	0.436833	909.9	327.332	410.6	327.332	1275000		
33	K5003	x	atas	600	600	4	1318100	120900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.558688	455.9	339.7347	486.4	339.7347	1275000	1395.41	1318.1
			bawah	600	600	4	1318100	95500	455.9	282.5	455.9	282.5	0.441312	455.9	332.2511	384.1	332.2511	1275000		
		y	atas	600	600	4	1664500	100300	0	0	803.4	472.4	0.563167	803.4	372.6044	501.5	372.6044	1275000	1381.748	1381.748
			bawah	600	600	4	1664500	77800	0	0	909.9	472.3	0.436833	909.9	327.332	410.6	327.332	1275000		
36	K5004	x	atas	600	600	4	1318100	120900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.558688	455.9	339.7347	486.4	339.7347	3579000	3687.662	1318.1
			bawah	600	600	4	1318100	95500	455.9	282.5	455.9	282.5	0.441312	455.9	332.2511	384.1	332.2511	3579000		
		y	atas	600	600	4	1664500	100300	0	0	803.4	472.4	0.563167	803.4	372.6044	501.5	372.6044	3579000	3675.334	1664.5
			bawah	600	600	4	1664500	77800	0	0	909.9	472.3	0.436833	909.9	327.332	410.6	327.332	3579000		
37	K5005	x	atas	600	600	4	1318100	120900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.558688	455.9	339.7347	486.4	339.7347	2654000	2762.662	1318.1
			bawah	600	600	4	1318100	95500	455.9	282.5	455.9	282.5	0.441312	455.9	332.2511	384.1	332.2511	2654000		
		y	atas	600	600	4	1664500	100300	0	0	803.4	472.4	0.563167	803.4	372.6044	501.5	372.6044	2654000	2750.334	1664.5
			bawah	600	600	4	1664500	77800	0	0	909.9	472.3	0.436833	909.9	327.332	410.6	327.332	2654000		
38	K5006	x	atas	600	600	4	1318100	120900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.558688	455.9	339.7347	486.4	339.7347	2309000	2420.599	1318.1
			bawah	600	600	4	1318100	95500	455.9	282.5	455.9	282.5	0.441312	455.9	332.2511	384.1	332.2511	2309000		
		y	atas	600	600	4	1664500	100300	0	0	803.4	472.4	0.563167	803.4	372.6044	501.5	372.6044	2309000	2407.937	1664.5
			bawah	600	600	4	1664500	77800	0	0	909.9	472.3	0.436833	909.9	327.332	410.6	327.332	2309000		
39	K5007	x	atas	600	600	4	1318100	120900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.558688	455.9	339.7347	486.4	339.7347	3104000	3215.599	1318.1
			bawah	600	600	4	1318100	95500	455.9	282.5	455.9	282.5	0.441312	455.9	332.2511	384.1	332.2511	3104000		
		y	atas	600	600	4	1664500	100300	0	0	803.4	472.4	0.563167	803.4	372.6044	501.5	372.6044	3104000	3202.937	1664.5
			bawah	600	600	4	1664500	77800	0	0	909.9	472.3	0.436833	909.9	327.332	410.6	327.332	3104000		
40	K5008	x	atas	600	600	4	1318100	120900	455.9	282.5	0	0	0.558688	455.9	209.7576	486.4	209.7576	3104000	3172.903	1318.1
			bawah	600	600	4	1318100	95500	455.9	282.5	0	0	0.441312	543.1	197.3809	384.1	197.3809	3104000		
		y	atas	600	600	4	1664500	100300	0	0	803.4	472.4	0.563167	803.4	372.6044	501.5	372.6044	3104000	3202.937	1664.5
			bawah	600	600	4	1664500	77800	0	0	909.9	472.3	0.436833	909.9	327.332	410.6	327.332	3104000		
41	K6001	x	atas	600	600	4	940000	104100	0	0	370.1	282.5	0.588136	370.1	179.2568	237.7	179.2568	926000	987.8235	940
			bawah	600	600	4	940000	72900	0	0	455.9	282.5	0.411864	455.9	154.6333	227.3	154.6333	926000		
		y	atas	600	600	4	998400	86000	0	0	694.5	472.4	0.596808	694.5	341.3389	79.9	79.9	926000	1020.529	998.4
			bawah	600	600	4	998400	58100	0	0	803.4	472.4	0.403192	803.4	266.7615	71.2	71.2	926000		
42	K6002	x	atas	600	600	4	940000	104100	370.1	282.5	370.1	282.5	0.588136	652.6	316.0848	237.7	237.7	926000	1035.014	940

		y	bawah	600	600	4	940000	72900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.411864	738.4	250.4523	293.3	250.4523	926000		
			atas	600	600	4	998400	86000	0	0	694.5	472.4	0.596808	694.5	341.3389	447.4	341.3389	926000	1020.529	998.4
			bawah	600	600	4	998400	58100	0	0	803.4	472.4	0.403192	803.4	266.7615	333.9	266.7615	926000		
43	K6003	x	atas	600	600	4	940000	104100	370.1	282.5	370.1	282.5	0.588136	652.6	316.0848	418.8	316.0848	926000	1035.014	940
			bawah	600	600	4	940000	72900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.411864	738.4	250.4523	293.3	250.4523	926000		
		y	atas	600	600	4	998400	86000	0	0	694.5	472.4	0.596808	694.5	341.3389	447.4	341.3389	926000	1020.529	998.4
			bawah	600	600	4	998400	58100	0	0	803.4	472.4	0.403192	803.4	266.7615	333.9	266.7615	926000		
44	K6004	x	atas	600	600	4	940000	104100	370.1	282.5	370.1	282.5	0.588136	652.6	316.0848	418.8	316.0848	926000	1035.014	940
			bawah	600	600	4	940000	72900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.411864	738.4	250.4523	293.3	250.4523	926000		
		y	atas	600	600	4	998400	86000	0	0	694.5	472.4	0.596808	694.5	341.3389	447.4	341.3389	926000	1020.529	998.4
			bawah	600	600	4	998400	58100	0	0	803.4	472.4	0.403192	803.4	266.7615	333.9	266.7615	926000		
45	K6005	x	atas	600	600	4	940000	104100	370.1	282.5	370.1	282.5	0.588136	652.6	316.0848	418.8	316.0848	926000	1035.014	940
			bawah	600	600	4	940000	72900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.411864	738.4	250.4523	293.3	250.4523	926000		
		y	atas	600	600	4	998400	86000	0	0	694.5	472.4	0.596808	694.5	341.3389	447.4	341.3389	926000	1020.529	998.4
			bawah	600	600	4	998400	58100	0	0	803.4	472.4	0.403192	803.4	266.7615	333.9	266.7615	926000		
46	K6006	x	atas	600	600	4	940000	104100	370.1	282.5	370.1	282.5	0.588136	652.6	316.0848	418.8	316.0848	926000	1035.014	940
			bawah	600	600	4	940000	72900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.411864	738.4	250.4523	293.3	250.4523	926000		
		y	atas	600	600	4	998400	86000	0	0	694.5	472.4	0.596808	694.5	341.3389	447.4	341.3389	926000	1020.529	998.4
			bawah	600	600	4	998400	58100	0	0	803.4	472.4	0.403192	803.4	266.7615	333.9	266.7615	926000		
47	K6007	x	atas	600	600	4	940000	104100	370.1	282.5	370.1	282.5	0.588136	652.6	316.0848	418.8	316.0848	926000	1035.014	940
			bawah	600	600	4	940000	72900	455.9	282.5	455.9	282.5	0.411864	738.4	250.4523	293.3	250.4523	926000		
		y	atas	600	600	4	998400	86000	0	0	694.5	472.4	0.596808	694.5	341.3389	447.4	341.3389	926000	1020.529	998.4
			bawah	600	600	4	998400	58100	0	0	803.4	472.4	0.403192	803.4	266.7615	333.9	266.7615	926000		
48	K6008	x	atas	600	600	4	940000	104100	370.1	282.5	0	0	0.588136	370.1	179.2568	418.8	179.2568	926000	987.8235	940
			bawah	600	600	4	940000	72900	455.9	282.5	0	0	0.411864	455.9	154.6333	293.3	154.6333	926000		
		y	atas	600	600	4	998400	86000	0	0	694.5	472.4	0.596808	694.5	341.3389	447.4	341.3389	926000	1020.529	998.4
			bawah	600	600	4	998400	58100	0	0	803.4	472.4	0.403192	803.4	266.7615	333.9	266.7615	926000		
49	K7001	x	atas	600	600	4	575200	81400	0	0	370.1	282.5	0.646032	370.1	196.9029	327.4	196.9029	577000	640.2955	575.2
			bawah	600	600	4	575200	44600	0	0	370.1	282.5	0.353968	370.1	107.8854	179.4	107.8854	577000		
		y	atas	600	600	4	673600	68300	0	0	583.3	356.3	0.668952	583.3	321.3409	368.3	321.3409	577000	658.2839	658.2839
			bawah	600	600	4	673600	33800	0	0	694.5	472.4	0.331048	694.5	189.34	234.9	189.34	577000		
50	K7002	x	atas	600	600	4	575200	81400	370.1	282.5	370.1	282.5	0.646032	652.6	347.2003	327.4	327.4	577000	688.6094	575.2
			bawah	600	600	4	575200	44600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.353968	652.6	190.235	179.4	179.4	577000		
		y	atas	600	600	4	673600	68300	0	0	583.3	356.3	0.668952	583.3	321.3409	368.3	321.3409	577000	658.2839	658.2839
			bawah	600	600	4	673600	33800	0	0	694.5	472.4	0.331048	694.5	189.34	234.9	189.34	577000		
51	K7003	x	atas	600	600	4	575200	81400	370.1	282.5	370.1	282.5	0.646032	652.6	347.2003	327.4	327.4	577000	688.6094	575.2
			bawah	600	600	4	575200	44600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.353968	652.6	190.235	179.4	179.4	577000		
		y	atas	600	600	4	673600	68300	0	0	583.3	356.3	0.668952	583.3	321.3409	368.3	321.3409	577000	658.2839	658.2839
			bawah	600	600	4	673600	33800	0	0	694.5	472.4	0.331048	694.5	189.34	234.9	189.34	577000		
52	K7004	x	atas	600	600	4	575200	81400	370.1	282.5	370.1	282.5	0.646032	652.6	347.2003	327.4	327.4	577000	688.6094	575.2
			bawah	600	600	4	575200	44600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.353968	652.6	190.235	179.4	179.4	577000		
		y	atas	600	600	4	673600	68300	0	0	583.3	356.3	0.668952	583.3	321.3409	368.3	321.3409	577000	658.2839	658.2839
			bawah	600	600	4	673600	33800	0	0	694.5	472.4	0.331048	694.5	189.34	234.9	189.34	577000		

53	K7005	x	atas	600	600	4	575200	81400	370.1	282.5	370.1	282.5	0.646032	652.6	347.2003	327.4	327.4	577000	688.6094	575.2
		y	bawah	600	600	4	575200	44600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.353968	652.6	190.235	179.4	179.4	577000		
54	K7006	x	atas	600	600	4	575200	81400	370.1	282.5	370.1	282.5	0.646032	652.6	347.2003	327.4	327.4	577000	688.6094	575.2
		y	bawah	600	600	4	575200	44600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.353968	652.6	190.235	179.4	179.4	577000		
55	K7007	x	atas	600	600	4	575200	81400	370.1	282.5	370.1	282.5	0.646032	652.6	347.2003	327.4	327.4	577000	688.6094	575.2
		y	bawah	600	600	4	575200	44600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.353968	652.6	190.235	179.4	179.4	577000		
56	K7008	x	atas	600	600	4	575200	81400	370.1	282.5	0	0	0.646032	370.1	196.9029	327.4	196.9029	577000	640.2955	575.2
		y	bawah	600	600	4	575200	44600	370.1	282.5	0	0	0.353968	370.1	107.8854	179.4	107.8854	577000		
57	K8001	x	atas	600	600	4	225800	49800	0	0	370.1	282.5	0.761468	370.1	232.0865	200.5	200.5	226000	290.7675	225.8
		y	bawah	600	600	4	225800	15600	0	0	370.1	282.5	0.238532	370.1	72.70178	62.7	62.7	226000		
58	K8002	x	atas	600	600	4	225800	49800	370.1	282.5	370.1	282.5	0.761468	652.6	409.2397	200.5	200.5	226000	340.205	225.8
		y	bawah	600	600	4	225800	15600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.238532	652.6	128.1956	62.7	62.7	226000		
59	K8003	x	atas	600	600	4	225800	49800	370.1	282.5	370.1	282.5	0.761468	652.6	409.2397	200.5	200.5	226000	340.205	225.8
		y	bawah	600	600	4	225800	15600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.238532	652.6	128.1956	62.7	62.7	226000		
60	K8004	x	atas	600	600	4	225800	49800	370.1	282.5	370.1	282.5	0.761468	652.6	409.2397	200.5	200.5	226000	340.205	225.8
		y	bawah	600	600	4	225800	15600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.238532	652.6	128.1956	62.7	62.7	226000		
61	K8005	x	atas	600	600	4	225800	49800	370.1	282.5	370.1	282.5	0.761468	652.6	409.2397	200.5	200.5	226000	340.205	225.8
		y	bawah	600	600	4	225800	15600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.238532	652.6	128.1956	62.7	62.7	226000		
62	K8006	x	atas	600	600	4	225800	49800	370.1	282.5	370.1	282.5	0.761468	652.6	409.2397	200.5	200.5	226000	340.205	225.8
		y	bawah	600	600	4	225800	15600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.238532	652.6	128.1956	62.7	62.7	226000		
63	K8007	x	atas	600	600	4	225800	49800	370.1	282.5	370.1	282.5	0.761468	652.6	409.2397	200.5	200.5	226000	340.205	225.8
		y	bawah	600	600	4	225800	15600	370.1	282.5	370.1	282.5	0.238532	652.6	128.1956	62.7	62.7	226000		

			bawah	600	600	4	256700	7100	0	0	583.3	356.3	0.167849	583.3	80.62859	142.1	80.62859	226000		
64	K8008	x	atas	600	600	4	225800	49800	370.1	282.5	0	0	0.761468	370.1	232.0865	200.5	200.5	226000	290.7675	225.8
			bawah	600	600	4	225800	15600	370.1	282.5	0	0	0.238532	370.1	72.70178	62.7	62.7	226000		
		y	atas	600	600	4	256700	35200	0	0	472.1	359.6	0.832151	472.1	323.5306	277.7	277.7	226000	293.318	256.7
			bawah	600	600	4	256700	7100	0	0	583.3	356.3	0.167849	583.3	80.62859	142.1	80.62859	226000		

No	Kolom	Gaya Axial Rencana		Momen Rencana		Pn (N)	ρ pakai	Tulangan terpakai	As terpakai (mm <sup>2</sup> )
		Nu,k-x (N)	Nu,k-y (N)	Mu,k-x (Nm)	Mu,k-y (Nm)				
1	K1004	2772136	2759300	472500	493400	2772136	2.18	16 D25	7848
2	K1011	3318200	3506400	539800	579600	3506400	2.73	20 D25	9828
3	K1017	3318200	3506400	539800	579600	3506400	2.73	20 D25	9828
4	K1024	2772136	2759300	472500	493400	2772136	2.18	16 D25	7848
5	K2004	2391080	2424290	374360	403790	2424290	2.18	16 D25	7848
6	K2011	2717550	2759300	374421	522925	2759300	2.73	20 D25	9828
7	K2017	2717550	2759300	374421	522925	2759300	2.73	20 D25	9828
8	K2024	2391080	2424290	374360	403790	2424290	2.18	16 D25	7848
9	K3004	2102600	2085325	388946	399255	2102600	2.18	16 D25	7848
10	K3011	2425500	2524100	388919	549726	2524100	2.73	20 D25	9828
11	K3017	2425500	2524100	388919	549726	2524100	2.73	20 D25	9828
12	K3024	2102600	2085325	388946	399255	2102600	2.18	16 D25	7848
13	K4004	1706000	1739950	407410	407470	1739950	2.18	16 D25	7848
14	K4011	1985700	2046500	407177	516091	2046500	2.73	20 D25	9828
15	K4017	1985700	2046500	407177	516091	2046500	2.73	20 D25	9828
16	K4024	1706000	1739950	407410	407470	1739950	2.18	16 D25	7848
17	K5004	1318100	1381748	339734	372604	1381748	1.64	12 D25	5904
18	K5011	1551600	1584100	339636	480498	1584100	2.18	16 D25	7848
19	K5017	1551600	1584100	339636	480498	1584100	2.18	16 D25	7848
20	K5024	1318100	1381748	339734	372604	1381748	1.64	12 D25	5904
21	K6004	940000	998400	316084	341339	998400	1.64	12 D25	5904
22	K6011	1123800	1128200	315871	448111	1128200	2.18	16 D25	7848
23	K6017	1123800	1128200	315871	448111	1128200	2.18	16 D25	7848
24	K6024	940000	998400	316084	341339	998400	1.64	12 D25	5904
25	K7004	575200	658283	327400	321340	658283	1.64	12 D25	5904
26	K7011	702400	714200	330700	422700	714200	1.64	12 D25	5904
27	K7017	702400	714200	330700	422700	714200	1.64	12 D25	5904
28	K7024	575200	658283	327400	321340	658283	1.64	12 D25	5904
29	K8004	225800	256700	200500	277700	256700	1.64	12 D25	5904
30	K8011	282600	290900	202700	293100	290900	1.64	12 D25	5904
31	K8017	282600	290900	202700	293100	290900	1.64	12 D25	5904
32	K8024	225800	256700	200500	277700	256700	1.64	12 D25	5904



PENULANGAN LENTUR KOLOM ARAH - X

No	Kolom	Gaya Axial Rencana		Momen Rencana		Pn ( N )	ρ pakai	Tulangan terpakai	As terpakai ( mm <sup>2</sup> )
		Nu,k-x ( N )	Nu,k-y ( N )	Mu,k-x ( Nm )	Mu,k-y ( Nm )				
1	K1001	2717550	2759300	472500	493400	2759300	2.18	16 D25	7848
2	K1002	2772136	2759300	472500	493400	2772136	2.18	16 D25	7848
3	K1003	2772136	2759300	472500	493400	2772136	2.18	16 D25	7848
4	K1004	2772136	2759300	472500	493400	2772136	2.18	16 D25	7848
5	K1005	2772136	2759300	472500	493400	2772136	2.18	16 D25	7848
6	K1006	2772136	2759300	472500	493400	2772136	2.18	16 D25	7848
7	K1007	2772136	2759300	472500	493400	2772136	2.18	16 D25	7848
8	K1008	2717550	2759300	472500	493400	2759300	2.18	16 D25	7848
9	K2001	2391082	2424290	206780	403790	2424290	2.18	16 D25	7848
10	K2002	2447169	2424290	374360	403790	2447169	2.18	16 D25	7848
11	K2003	2447169	2424290	374360	403790	2447169	2.18	16 D25	7848
12	K2004	2447169	2424290	374360	403790	2447169	2.18	16 D25	7848
13	K2005	2447169	2424290	374360	403790	2447169	2.18	16 D25	7848
14	K2006	2447169	2424290	374360	403790	2447169	2.18	16 D25	7848
15	K2007	2447169	2424290	374360	403790	2447169	2.18	16 D25	7848
16	K2008	2391082	2424290	206780	403790	2424290	2.18	16 D25	7848
17	K3001	2051240	2085320	231060	399250	2085320	2.18	16 D25	7848
18	K3002	2051240	2085320	388940	399250	2085320	2.18	16 D25	7848
19	K3003	2051240	2085320	388940	399250	2085320	2.18	16 D25	7848
20	K3004	2051240	2085320	388940	399250	2085320	2.18	16 D25	7848
21	K3005	2051240	2085320	388940	399250	2085320	2.18	16 D25	7848
22	K3006	2051240	2085320	388940	399250	2085320	2.18	16 D25	7848
23	K3007	2051240	2085320	388940	399250	2085320	2.18	16 D25	7848
24	K3008	2051240	2085320	231060	399250	2085320	2.18	16 D25	7848
25	K4001	1706000	1739950	242030	407470	1739950	2.18	16 D25	7848
26	K4002	1706000	1739950	407410	407470	1739950	2.18	16 D25	7848
27	K4003	1706000	1739950	407410	407470	1739950	2.18	16 D25	7848
28	K4004	1706000	1739950	407410	407470	1739950	2.18	16 D25	7848

29	K4005	1706000	1739950	407410	407470	1739950	2.18	16 D25	7848
30	K4006	1706000	1739950	407410	407470	1739950	2.18	16 D25	7848
31	K4007	1706000	1739950	407410	407470	1739950	2.18	16 D25	7848
32	K4008	1706000	1739950	242030	407470	1739950	2.18	16 D25	7848
33	K5001	1318100	1381748	209757	372604	1381748	1.64	12 D25	5904
34	K5002	1318100	1381748	339734	372604	1381748	1.64	12 D25	5904
35	K5003	1318100	1381748	339734	372604	1381748	1.64	12 D25	5904
36	K5004	1318100	1381748	339734	372604	1381748	1.64	12 D25	5904
37	K5005	1318100	1381748	339734	372604	1381748	1.64	12 D25	5904
38	K5006	1318100	1381748	339734	372604	1381748	1.64	12 D25	5904
39	K5007	1318100	1381748	339734	372604	1381748	1.64	12 D25	5904
40	K5008	1318100	1381748	209757	372604	1381748	1.64	12 D25	5904
41	K6001	940000	998400	179250	341339	998400	1.64	12 D25	5904
42	K6002	940000	998400	316084	341339	998400	1.64	12 D25	5904
43	K6003	940000	998400	316084	341339	998400	1.64	12 D25	5904
44	K6004	940000	998400	316084	341339	998400	1.64	12 D25	5904
45	K6005	940000	998400	316084	341339	998400	1.64	12 D25	5904
46	K6006	940000	998400	316084	341339	998400	1.64	12 D25	5904
47	K6007	940000	998400	316084	341339	998400	1.64	12 D25	5904
48	K6008	940000	998400	179250	341339	998400	1.64	12 D25	5904
49	K7001	575200	658283	196902	321340	658283	1.64	12 D25	5904
50	K7002	575200	658283	327400	321340	658283	1.64	12 D25	5904
51	K7003	575200	658283	327400	321340	658283	1.64	12 D25	5904
52	K7004	575200	658283	327400	321340	658283	1.64	12 D25	5904
53	K7005	575200	658283	327400	321340	658283	1.64	12 D25	5904
54	K7006	575200	658283	327400	321340	658283	1.64	12 D25	5904
55	K7007	575200	658283	327400	321340	658283	1.64	12 D25	5904
56	K7008	575200	658283	196902	321340	658283	1.64	12 D25	5904
57	K8001	225800	256700	200500	277700	256700	1.64	12 D25	5904
58	K8002	225800	256700	200500	277700	256700	1.64	12 D25	5904
59	K8003	225800	256700	200500	277700	256700	1.64	12 D25	5904
60	K8004	225800	256700	200500	277700	256700	1.64	12 D25	5904
61	K8005	225800	256700	200500	277700	256700	1.64	12 D25	5904

62	K8006	225800	256700	200500	277700	256700	1.64	12 D25	5904
63	K8007	225800	256700	200500	277700	256700	1.64	12 D25	5904
64	K8008	225800	256700	200500	277700	256700	1.64	12 D25	5904

PERHITUNGAN PENULANGAN GESER KOLOM ARAH - Y

No	Kolom	Mu,k-x		Mu,k-y		Mu,ka+Mu,kb max (Nm)	Vu-x max (N)	Vu-y max (N)	Vu,k max (N)	Vu,k (N)	Vu,k rencana (N)
		Atas (Nm)	Bawah (Nm)	Atas (Nm)	Bawah (Nm)						
1	K1004	148062	472500	157851	493400	651251	298500	311100	311100	191544.4	191544.412
2	K1011	147993	539800	285404	579600	865004	299000	361700	361700	254412.9	254412.941
3	K1017	147993	539800	285404	579600	865004	299000	361700	361700	254412.9	254412.941
4	K1024	148062	472500	157851	493400	651251	298500	311100	311100	191544.4	191544.412
5	K2004	339833	374362	355517	403798	759315	297600	302100	302100	223327.9	223327.941
6	K2011	339768	374421	503285	522925	1026210	298200	403100	403100	301826.5	301826.471
7	K2017	339768	374421	503285	522925	1026210	298200	403100	403100	301826.5	301826.471
8	K2024	339833	374362	355517	403798	759315	297600	302100	302100	223327.9	223327.941
9	K3004	388946	363923	399255	371732	770987	277600	278600	278600	226760.9	226760.882
10	K3011	388919	363950	549726	526873	1076599	278300	375700	375700	316646.8	316646.765
11	K3017	388919	363950	549726	526873	1076599	278300	375700	375700	316646.8	316646.765
12	K3024	388946	363923	399255	371732	770987	277600	278600	278600	226760.9	226760.882
13	K4004	407414	345456	407472	351737	759209	249300	254600	254600	223296.8	223296.765
14	K4011	407177	345693	516091	510778	1026869	253300	340800	340800	302020.3	302020.294
15	K4017	407177	345693	516091	510778	1026869	253300	340800	340800	302020.3	302020.294
16	K4024	407414	345456	407472	351737	759209	249300	254600	254600	223296.8	223296.765
17	K5004	339734	332251	372604	327332	699936	216300	226600	226600	205863.5	205863.529
18	K5011	339636	332373	480498	454352	934850	217100	297600	297600	274955.9	274955.882
19	K5017	339636	332373	480498	454352	934850	217100	297600	297600	274955.9	274955.882
20	K5024	339734	332251	372604	327332	699936	216300	226600	226600	205863.5	205863.529
21	K6004	316084	250452	341338	266761	608099	177100	194300	194300	178852.6	178852.647
22	K6011	315871	250693	448111	390211	838322	178000	247400	247400	246565.3	246565.294
23	K6017	315871	250693	448111	390211	838322	178000	247400	247400	246565.3	246565.294
24	K6024	316084	250452	341338	266761	608099	177100	194300	194300	178852.6	178852.647
25	K7004	327400	179400	321340	189340	510680	126200	150200	150200	150200	150200
26	K7011	329400	181400	422700	303300	726000	127200	181300	181300	213529.4	181300
27	K7017	329400	181400	422700	303300	726000	127200	181300	181300	213529.4	181300
28	K7024	327400	179400	321340	189340	510680	126200	150200	150200	150200	150200
29	K8004	200500	62700	277700	80628	358328	65600	104000	104000	105390.6	104000
30	K8011	202700	64300	293100	160800	453900	66500	113400	113400	133500	113400
31	K8017	202700	64300	293100	160800	453900	66500	113400	113400	133500	113400
32	K8024	200500	62700	277700	80628	358328	65600	104000	104000	105390.6	104000

PENULANGAN GESER DAN TORSI KOLOM ARAH - Y

No	Kolom	Nu,k (N)	Vu,k (N)	Vc (N)	0.5 $\phi$ Vc (N)	Vs (N)	S perlu mm	Tulangan Terpasang	S max mm
1	K1004	2772136	191544.4	823539.7	247081.9	-55517.5	-418.913	$\phi$ 12-100	100
2	K1011	3506400	254412.9	900944.3	270283.3	-15870.4	-1485.43	$\phi$ 12-100	100
3	K1017	3506400	254412.9	900944.3	270283.3	-15870.4	-1485.43	$\phi$ 12-100	100
4	K1024	2772136	191544.4	823539.7	247081.9	-55517.5	-418.913	$\phi$ 12-100	100
5	K2004	2424290	223327.9	786870.5	236081.1	-12733.2	-1826.48	$\phi$ 12-100	100
6	K2011	2759300	301826.4	822186.5	246656	55170.44	421.5479	$\phi$ 12-100	100
7	K2017	2759300	301826.4	822186.5	246656	55170.44	421.5479	$\phi$ 12-100	100
8	K2024	2424290	223327.9	786870.5	236081.1	-12733.2	-1826.48	$\phi$ 12-100	100
9	K3004	2102600	226760.8	752958.6	225887.6	873.235	26633.13	$\phi$ 12-100	100
10	K3011	2524100	316646.7	797392.2	239217.7	77429.03	300.3651	$\phi$ 12-100	100
11	K3017	2524100	316646.7	797392.2	239217.7	77429.03	300.3651	$\phi$ 12-100	100
12	K3024	2102600	226760.8	752958.6	225887.6	873.235	26633.13	$\phi$ 12-100	100
13	K4004	1739950	223296.7	714728.7	214418.6	8878.085	2619.594	$\phi$ 12-100	100
14	K4011	2046500	302020.2	747044.6	224113.4	77906.82	298.523	$\phi$ 12-100	100
15	K4017	2046500	302020.2	747044.6	224113.4	77906.82	298.523	$\phi$ 12-100	100
16	K4024	1739950	223296.7	714728.7	214418.6	8878.085	2619.594	$\phi$ 12-100	100
17	K5004	1381748	205863.5	676967.8	203090.3	2773.166	8386.436	$\phi$ 12-100	100
18	K5011	1584100	274955.8	698299.3	209489.8	65466	355.2528	$\phi$ 12-100	100
19	K5017	1584100	274955.8	698299.3	209489.8	65466	355.2528	$\phi$ 12-100	100
20	K5024	1381748	205863.5	676967.8	203090.3	2773.166	8386.436	$\phi$ 12-100	100
21	K6004	998400	178852.6	636556	190966.8	-12114.2	-1919.81	$\phi$ 12-100	100
22	K6011	1128200	246565.2	650239.3	195071.8	51493.42	451.6495	$\phi$ 12-100	100
23	K6017	1128200	246565.2	650239.3	195071.8	51493.42	451.6495	$\phi$ 12-100	100
24	K6024	998400	178852.6	636556	190966.8	-12114.2	-1919.81	$\phi$ 12-100	100
25	K7004	658283	150200	600701.6	180210.5	-30010.5	-774.962	$\phi$ 12-100	100
26	K7011	714200	181300	606596.2	181978.9	-678.863	-34258.7	$\phi$ 12-100	100
27	K7017	714200	181300	606596.2	181978.9	-678.863	-34258.7	$\phi$ 12-100	100
28	K7024	658283	150200	600701.6	180210.5	-30010.5	-774.962	$\phi$ 12-100	100
29	K8004	256700	104000	558367.5	167510.2	-63510.2	-366.193	$\phi$ 12-100	100
30	K8011	290900	113400	561972.8	168591.8	-55191.8	-421.384	$\phi$ 12-100	100
31	K8017	290900	113400	561972.8	168591.8	-55191.8	-421.384	$\phi$ 12-100	100
32	K8024	256700	104000	558367.5	167510.2	-63510.2	-366.193	$\phi$ 12-100	100

PERHITUNGAN PENULANGAN GESER KOLOM ARAH - X

No	Kolom	Mu,k-x		Mu,k-y		Mu,ka+Mu,kb max (Nm)	Vu-x max (N)	Vu-y max (N)	Vu,k max (N)	Vu,k (N)	Vu,k rencana (N)
		Atas (Nm)	Bawah (Nm)	Atas (Nm)	Bawah (Nm)						
1	K1001	148062	472500	157851	493400	651251	298500	311100	311100	191544.4	191544.412
2	K1002	148062	472500	157851	493400	651251	298500	311100	311100	191544.4	191544.412
3	K1003	148062	472500	157851	493400	651251	298500	311100	311100	191544.4	191544.412
4	K1004	148062	472500	157851	493400	651251	298500	311100	311100	191544.4	191544.412
5	K1005	148062	472500	157851	493400	651251	298500	311100	311100	191544.4	191544.412
6	K1006	148062	472500	157851	493400	651251	298500	311100	311100	191544.4	191544.412
7	K1007	148062	472500	157851	493400	651251	298500	311100	311100	191544.4	191544.412
8	K1008	148062	472500	157851	493400	651251	298500	311100	311100	191544.4	191544.412
9	K2001	339833	374362	355517	403798	759315	297600	302100	302100	223327.9	223327.941
10	K2002	339833	374362	355517	403798	759315	297600	302100	302100	223327.9	223327.941
11	K2003	339833	374362	355517	403798	759315	297600	302100	302100	223327.9	223327.941
12	K2004	339833	374362	355517	403798	759315	297600	302100	302100	223327.9	223327.941
13	K2005	339833	374362	355517	403798	759315	297600	302100	302100	223327.9	223327.941
14	K2006	339833	374362	355517	403798	759315	297600	302100	302100	223327.9	223327.941
15	K2007	339833	374362	355517	403798	759315	297600	302100	302100	223327.9	223327.941
16	K2008	339833	374362	355517	403798	759315	297600	302100	302100	223327.9	223327.941
17	K3001	388946	363923	399255	371732	770987	277600	278600	278600	226760.9	226760.882
18	K3002	388946	363923	399255	371732	770987	277600	278600	278600	226760.9	226760.882
19	K3003	388946	363923	399255	371732	770987	277600	278600	278600	226760.9	226760.882
20	K3004	388946	363923	399255	371732	770987	277600	278600	278600	226760.9	226760.882
21	K3005	388946	363923	399255	371732	770987	277600	278600	278600	226760.9	226760.882
22	K3006	388946	363923	399255	371732	770987	277600	278600	278600	226760.9	226760.882
23	K3007	388946	363923	399255	371732	770987	277600	278600	278600	226760.9	226760.882
24	K3008	388946	363923	399255	371732	770987	277600	278600	278600	226760.9	226760.882
25	K4001	407414	345456	407472	351737	759209	249300	254600	254600	223296.8	223296.765
26	K4002	407414	345456	407472	351737	759209	249300	254600	254600	223296.8	223296.765
27	K4003	407414	345456	407472	351737	759209	249300	254600	254600	223296.8	223296.765
28	K4004	407414	345456	407472	351737	759209	249300	254600	254600	223296.8	223296.765
29	K4005	407414	345456	407472	351737	759209	249300	254600	254600	223296.8	223296.765
30	K4006	407414	345456	407472	351737	759209	249300	254600	254600	223296.8	223296.765
31	K4007	407414	345456	407472	351737	759209	249300	254600	254600	223296.8	223296.765

32	K4008	407414	345458	407472	351737	759209	249300	254600	254800	223296.8	223296.765
33	K5001	339734	332251	372604	327332	699936	216300	226600	226600	205863.5	205863.529
34	K5002	339734	332251	372604	327332	699936	216300	226600	226600	205863.5	205863.529
35	K5003	339734	332251	372604	327332	699936	216300	226600	226600	205863.5	205863.529
36	K5004	339734	332251	372604	327332	699936	216300	226600	226600	205863.5	205863.529
37	K5005	339734	332251	372604	327332	699936	216300	226600	226600	205863.5	205863.529
38	K5006	339734	332251	372604	327332	699936	216300	226600	226600	205863.5	205863.529
39	K5007	339734	332251	372604	327332	699936	216300	226600	226600	205863.5	205863.529
40	K5008	339734	332251	372604	327332	699936	216300	226600	226600	205863.5	205863.529
41	K6001	316084	250452	341338	266781	608099	177100	194300	194300	178852.6	178852.647
42	K6002	316084	250452	341338	266781	608099	177100	194300	194300	178852.6	178852.647
43	K6003	316084	250452	341338	266781	608099	177100	194300	194300	178852.6	178852.647
44	K6004	316084	250452	341338	266781	608099	177100	194300	194300	178852.6	178852.647
45	K6005	316084	250452	341338	266781	608099	177100	194300	194300	178852.6	178852.647
46	K6006	316084	250452	341338	266781	608099	177100	194300	194300	178852.6	178852.647
47	K6007	316084	250452	341338	266781	608099	177100	194300	194300	178852.6	178852.647
48	K6008	316084	250452	341338	266781	608099	177100	194300	194300	178852.6	178852.647
49	K7001	327400	179400	321340	189340	510680	126200	150200	150200	150200	150200
50	K7002	327400	179400	321340	189340	510680	126200	150200	150200	150200	150200
51	K7003	327400	179400	321340	189340	510680	126200	150200	150200	150200	150200
52	K7004	327400	179400	321340	189340	510680	126200	150200	150200	150200	150200
53	K7005	327400	179400	321340	189340	510680	126200	150200	150200	150200	150200
54	K7006	327400	179400	321340	189340	510680	126200	150200	150200	150200	150200
55	K7007	327400	179400	321340	189340	510680	126200	150200	150200	150200	150200
56	K7008	327400	179400	321340	189340	510680	126200	150200	150200	150200	150200
57	K8001	200500	62700	277700	80628	358328	65600	104000	104000	105390.6	104000
58	K8002	200500	62700	277700	80628	358328	65600	104000	104000	105390.6	104000
59	K8003	200500	62700	277700	80628	358328	65600	104000	104000	105390.6	104000
60	K8004	200500	62700	277700	80628	358328	65600	104000	104000	105390.6	104000
61	K8005	200500	62700	277700	80628	358328	65600	104000	104000	105390.6	104000
62	K8006	200500	62700	277700	80628	358328	65600	104000	104000	105390.6	104000
63	K8007	200500	62700	277700	80628	358328	65600	104000	104000	105390.6	104000
64	K8008	200500	62700	277700	80628	358328	65600	104000	104000	105390.6	104000

PENULANGAN GESER DAN TORSI KOLOM ARAH - X

No	Kolom	Nu,k (N)	Vu,k (N)	Vc (N)	0.5Vc (N)	Vs (N)	S perlu mm	Tulangan Terpasang	S max mm
1	K1001	2772136	191544.4	823539.7	247061.9	-55517.5	-418.913	φ12-100	100
2	K1002	2772136	191544.4	823539.7	247061.9	-55517.5	-418.913	φ12-100	100
3	K1003	2772136	191544.4	823539.7	247061.9	-55517.5	-418.913	φ12-100	100
4	K1004	2772136	191544.4	823539.7	247061.9	-55517.5	-418.913	φ12-100	100
5	K1005	2772136	191544.4	823539.7	247061.9	-55517.5	-418.913	φ12-100	100
6	K1006	2772136	191544.4	823539.7	247061.9	-55517.5	-418.913	φ12-100	100
7	K1007	2772136	191544.4	823539.7	247061.9	-55517.5	-418.913	φ12-100	100
8	K1008	2772136	191544.4	823539.7	247061.9	-55517.5	-418.913	φ12-100	100
9	K2001	2424290	223327.9	786870.5	236061.1	-12733.2	-1826.48	φ12-100	100
10	K2002	2424290	223327.9	786870.5	236061.1	-12733.2	-1826.48	φ12-100	100
11	K2003	2424290	223327.9	786870.5	236061.1	-12733.2	-1826.48	φ12-100	100
12	K2004	2424290	223327.9	786870.5	236061.1	-12733.2	-1826.48	φ12-100	100
13	K2005	2424290	223327.9	786870.5	236061.1	-12733.2	-1826.48	φ12-100	100
14	K2006	2424290	223327.9	786870.5	236061.1	-12733.2	-1826.48	φ12-100	100
15	K2007	2424290	223327.9	786870.5	236061.1	-12733.2	-1826.48	φ12-100	100
16	K2008	2424290	223327.9	786870.5	236061.1	-12733.2	-1826.48	φ12-100	100
17	K3001	2102600	226760.8	752958.6	225887.6	873.235	26633.13	φ12-100	100
18	K3002	2102600	226760.8	752958.6	225887.6	873.235	26633.13	φ12-100	100
19	K3003	2102600	226760.8	752958.6	225887.6	873.235	26633.13	φ12-100	100
20	K3004	2102600	226760.8	752958.6	225887.6	873.235	26633.13	φ12-100	100
21	K3005	2102600	226760.8	752958.6	225887.6	873.235	26633.13	φ12-100	100
22	K3006	2102600	226760.8	752958.6	225887.6	873.235	26633.13	φ12-100	100
23	K3007	2102600	226760.8	752958.6	225887.6	873.235	26633.13	φ12-100	100
24	K3008	2102600	226760.8	752958.6	225887.6	873.235	26633.13	φ12-100	100
25	K4001	1739950	223296.7	714728.7	214418.6	8878.085	2619.594	φ12-100	100
26	K4002	1739950	223296.7	714728.7	214418.6	8878.085	2619.594	φ12-100	100
27	K4003	1739950	223296.7	714728.7	214418.6	8878.085	2619.594	φ12-100	100
28	K4004	1739950	223296.7	714728.7	214418.6	8878.085	2619.594	φ12-100	100
29	K4005	1739950	223296.7	714728.7	214418.6	8878.085	2619.594	φ12-100	100
30	K4006	1739950	223296.7	714728.7	214418.6	8878.085	2619.594	φ12-100	100
31	K4007	1739950	223296.7	714728.7	214418.6	8878.085	2619.594	φ12-100	100
32	K4008	1739950	223296.7	714728.7	214418.6	8878.085	2619.594	φ12-100	100



33	K5001	1381748	205863.5	676967.8	203090.3	2773.166	8386.436	φ12-100	100
34	K5002	1381748	205863.5	676967.8	203090.3	2773.166	8386.436	φ12-100	100
35	K5003	1381748	205863.5	676967.8	203090.3	2773.166	8386.436	φ12-100	100
36	K5004	1381748	205863.5	676967.8	203090.3	2773.166	8386.436	φ12-100	100
37	K5005	1381748	205863.5	676967.8	203090.3	2773.166	8386.436	φ12-100	100
38	K5006	1381748	205863.5	676967.8	203090.3	2773.166	8386.436	φ12-100	100
39	K5007	1381748	205863.5	676967.8	203090.3	2773.166	8386.436	φ12-100	100
40	K5008	1381748	205863.5	676967.8	203090.3	2773.166	8386.436	φ12-100	100
41	K6001	998400	178852.6	636556	190966.8	-12114.2	-1919.81	φ12-100	100
42	K6002	998400	178852.6	636556	190966.8	-12114.2	-1919.81	φ12-100	100
43	K6003	998400	178852.6	636556	190966.8	-12114.2	-1919.81	φ12-100	100
44	K6004	998400	178852.6	636556	190966.8	-12114.2	-1919.81	φ12-100	100
45	K6005	998400	178852.6	636556	190966.8	-12114.2	-1919.81	φ12-100	100
46	K6006	998400	178852.6	636556	190966.8	-12114.2	-1919.81	φ12-100	100
47	K6007	998400	178852.6	636556	190966.8	-12114.2	-1919.81	φ12-100	100
48	K6008	998400	178852.6	636556	190966.8	-12114.2	-1919.81	φ12-100	100
49	K7001	658283	150200	600701.6	180210.5	-30010.5	-774.962	φ12-100	100
50	K7002	658283	150200	600701.6	180210.5	-30010.5	-774.962	φ12-100	100
51	K7003	658283	150200	600701.6	180210.5	-30010.5	-774.962	φ12-100	100
52	K7004	658283	150200	600701.6	180210.5	-30010.5	-774.962	φ12-100	100
53	K7005	658283	150200	600701.6	180210.5	-30010.5	-774.962	φ12-100	100
54	K7006	658283	150200	600701.6	180210.5	-30010.5	-774.962	φ12-100	100
55	K7007	658283	150200	600701.6	180210.5	-30010.5	-774.962	φ12-100	100
56	K7008	658283	150200	600701.6	180210.5	-30010.5	-774.962	φ12-100	100
57	K8001	256700	104000	558367.5	167510.2	-63510.2	-366.193	φ12-100	100
58	K8002	256700	104000	558367.5	167510.2	-63510.2	-366.193	φ12-100	100
59	K8003	256700	104000	558367.5	167510.2	-63510.2	-366.193	φ12-100	100
60	K8004	256700	104000	558367.5	167510.2	-63510.2	-366.193	φ12-100	100
61	K8005	256700	104000	558367.5	167510.2	-63510.2	-366.193	φ12-100	100
62	K8006	256700	104000	558367.5	167510.2	-63510.2	-366.193	φ12-100	100
63	K8007	256700	104000	558367.5	167510.2	-63510.2	-366.193	φ12-100	100
64	K8008	256700	104000	558367.5	167510.2	-63510.2	-366.193	φ12-100	100

WALISA POER

SYSTEM

1

POINTS

X=0 Y=0 Z=0

X=0.7

X=1.45

X=2

X=2.65

X=3.3

X=4

7 X=0 Y=5.6 G=1,57,7

8 X=0.7 G=2,58,7

9 X=1.45 G=3,59,7

0 X=2 G=4,60,7

1 X=2.65 G=5,61,7

2 X=3.3 G=6,62,7

3 X=4 G=7,63,7

RESTRAINTS

7,63,1 R=1,1,0,0,0,1

0,13,1 R=1,1,1,1,1,1

7,45,7 R=1,1,1,1,1,1

2,55,1 R=1,1,1,1,1,1

WELL

M=1 Z=-1 P=1

E=23315.98E5 W=2400

JQ=1,2,8,9 M=1 ETYPE=2 TH=1 G=6,8

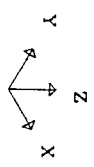
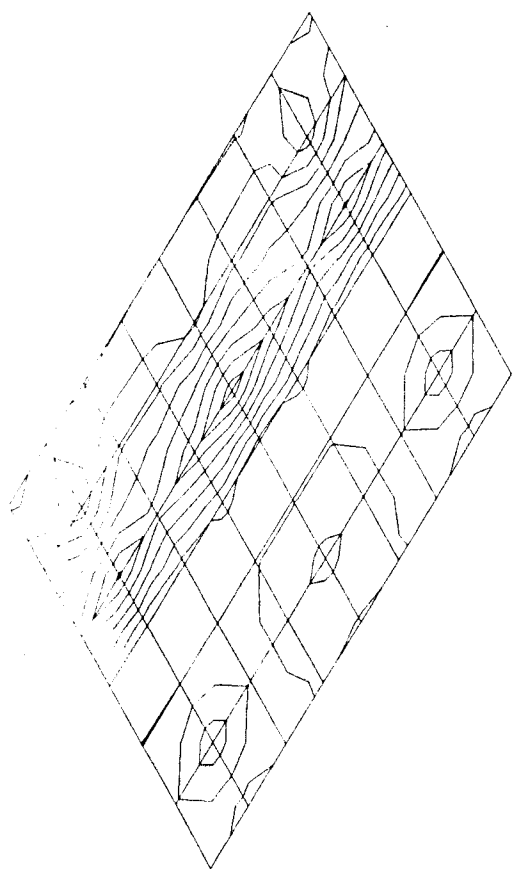
POTENTIAL

0,13,2 P=73470

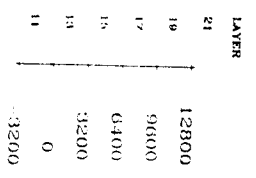
0,34,2 P=73470

1,55,2 P=73470

MIN IS - 204E+04 <JOINT 31>      MAX IS 122E+05 <JOINT 31>

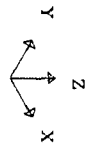
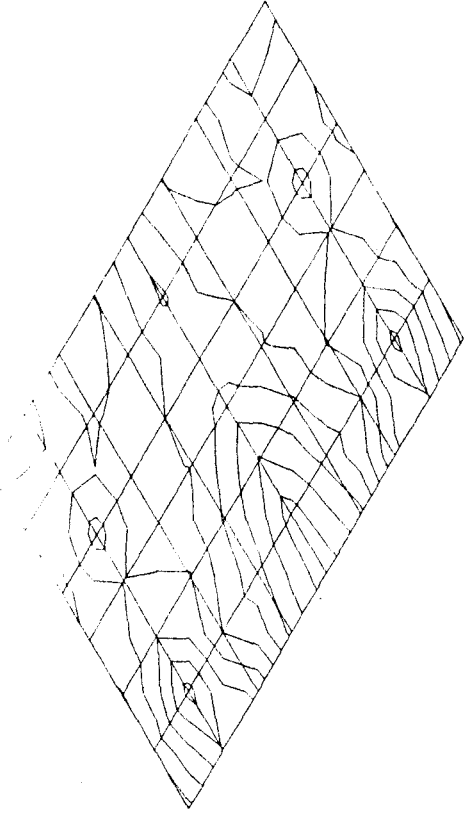


poer2  
SHELL  
OUTPUT M11  
LOAD 1



SAP90

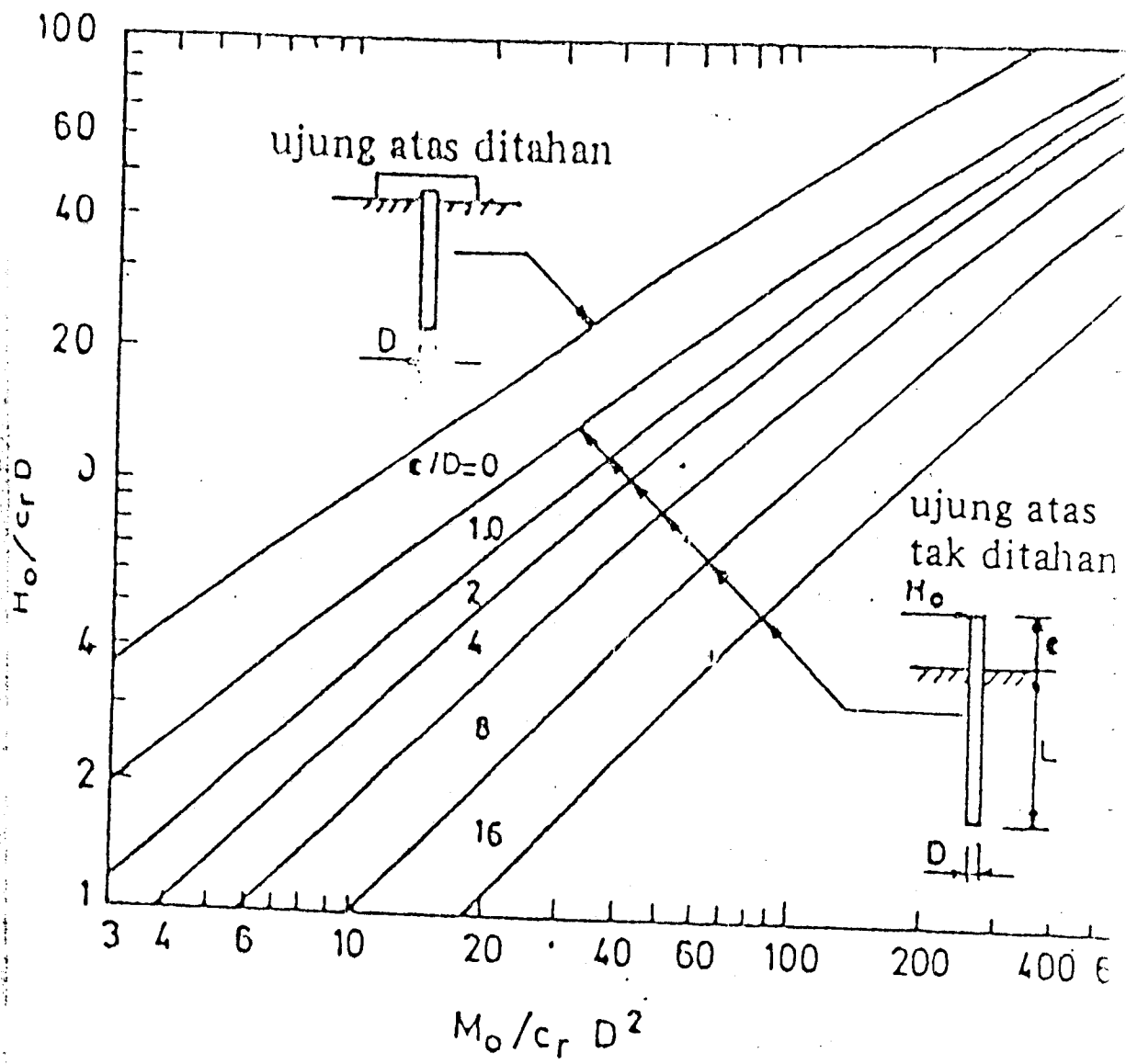
MIN IS - 753E+04 JOINT 35>      MAX IS 694E+04 JOINT 13>



poer2  
SHELL  
OUTPUT M22  
LOAD 1

LAYER	Value
21	8000
18	4800
17	1600
15	1600
13	-4800
11	8000

SAI90

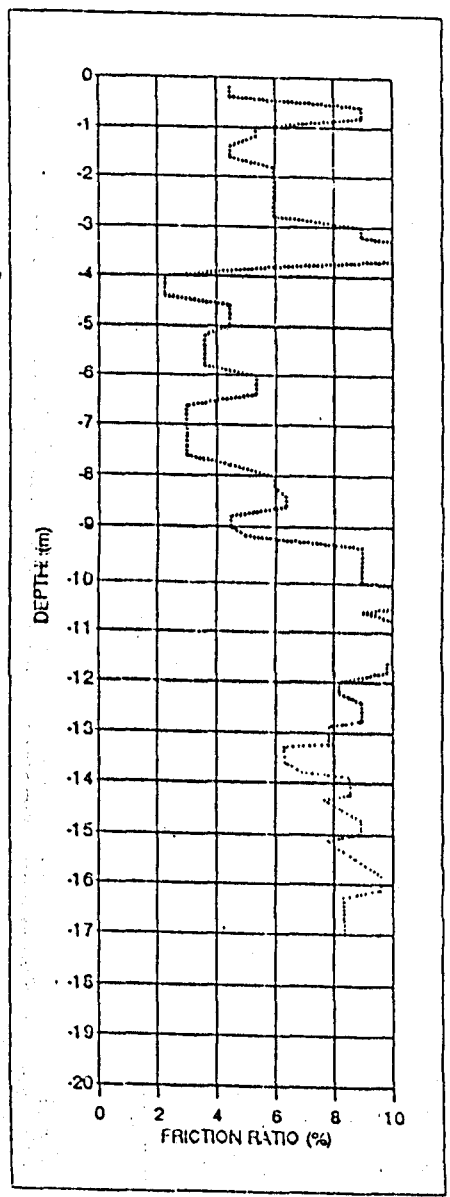
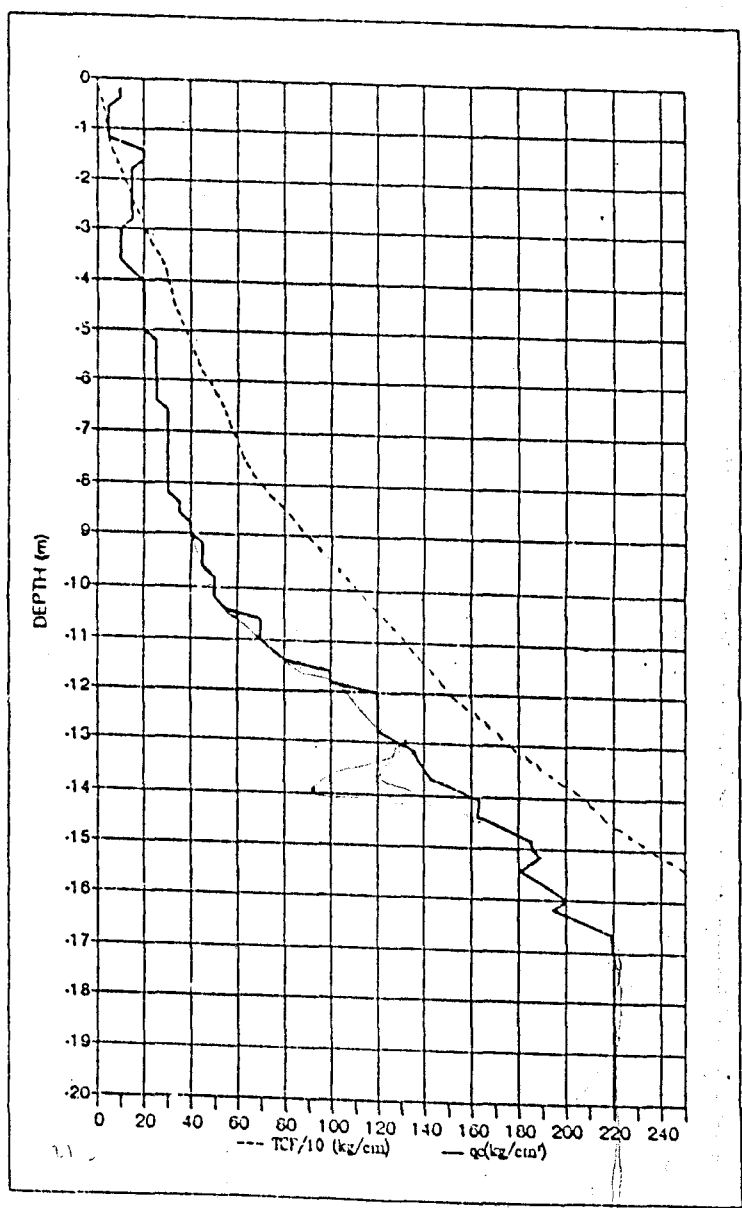




# DUTCH CONE PENETROMETER TEST

Project : Mutiara Hotel  
Location : Malioboro - Jogjakarta  
Sounding No. : S-16  
Sta/Ch. (M) :  
Date : 1 September 1992

Depth of Sounding : 17.00 M  
Ground Surface Level :  
Ground Water Level : no record.  
Operator : TT  
Checked by : DB



# BORING LOG

HOLE NO : DB III

ECT : Mutiara Hotel  
 TION : Malioboro - Jogjakarta

DEPTH : 10.00 m  
 COORDINATE :

GWL : 3.50 m

NO	SOIL / ROCK DESCRIPTION	SAMPLE DEPTH (M)	SPT				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ <sub>v</sub> / Vm <sup>3</sup>	Gs	e <sub>0</sub>		
			N	0	20	40	60	TYPE	C / kg/cm <sup>2</sup>	σ' / "	qu	0	20				40	60
	Clay, reddish brown																	
	Silty clay, yellowish brown and grey, trace sand, soft to stiff	1.50 / 1.95	5															
		3.00 / 3.45	9					UU	0.52	8.5			30	36		81	1.76	2.64
	Silty clay, grey, trace sand, stiff to very stiff	4.50 / 4.95	9															
		6.00 / 6.45	10					UU	0.33	10			28	37		73	1.75	2.66
	End of Drilling	7.50 / 7.95	14															
		9.00 / 9.45	17															

0 TO 10% : TRACE  
 10 TO 20% : LITTLE  
 20 TO 35% : SOME  
 35 TO 50% : AND

○ WATER CONTENT, %  
 ● PLASTIC LIMIT, %  
 ▲ LIQUID LIMIT, %



**P.T. Testana Indoteknika**  
 Soil survey and foundation engineering

# WIKA PILE CLASSIFICATION

No.	Pile		Class	RC WIRE		Area of Steel (Cm <sup>2</sup> )	Area of Concrete (Cm <sup>2</sup> )	Section Modulus (Cm <sup>3</sup> )	Eff. Area (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Allow. Axial Load (T)	Bearing Capacity	
	Diameter (mm)	Thickness (mm)		D (mm)	No. of Wires						Perf. (mm)	Depth (mm)
1	350	70	A1	7	8	3.08	615.75	3711.17	46.74	92.15	3.50	5.25
			A3	7	12	4.62	615.75	3734.91	66.67	88.89	4.20	6.30
			B	7	16	6.16	615.75	3758.65	84.46	85.97	5.00	9.00
			C	9	12	7.63	615.75	3781.43	100.95	83.26	6.00	12.00
2	400	75	A2	7	12	4.62	765.77	5405.79	55.25	112.87	5.50	8.25
			A3	7	16	6.16	765.77	5432.93	70.73	109.71	6.50	9.75
			B	9	12	7.63	765.77	5458.95	80.16	107.79	7.50	13.50
				7	20	7.70	765.77	5460.06	84.84	106.83	7.50	13.50
			C	9	16	10.18	765.77	5503.81	105.53	102.62	9.00	18.00
3	450	80	A1	7	12	4.62	929.91	7499.79	46.49	139.23	7.50	11.25
			A2	7	16	6.16	929.91	7532.03	59.97	135.90	8.50	12.75
			A3	9	12	7.63	929.91	7562.96	67.46	134.04	10.00	15.00
				7	20	7.70	929.91	7564.27	72.49	132.79	10.00	15.00
			B	7	24	9.24	929.91	7596.51	84.08	129.92	11.00	19.80
				9	20	12.72	929.91	7669.56	108.62	123.85	12.50	25.00
			4	500	90	A1	7	16	6.16	1159.25	10362.44	49.45
A2	7	20				7.70	1159.25	10399.83	60.19	169.34	12.50	18.75
	9	12				7.63	1159.25	10398.31	56.02	170.63	12.50	18.75
A3	7	24				9.24	1159.25	10437.22	70.32	166.21	14.00	21.00
	7	28				10.78	1159.25	10474.61	80.48	163.08	15.00	27.00
C	9	24				15.27	1159.25	10583.74	104.56	155.64	17.00	34.00
5	600	100	A1	7	20	7.70	1570.80	17255.62	46.00	235.40	17.00	25.50
			A2	7	24	9.24	1570.80	17303.38	54.13	232.00	19.00	28.50
				A3	9	20	12.72	1570.80	17411.58	66.82	226.69	22.00
			7		32	12.32	1570.80	17398.90	69.38	225.62	22.00	33.00
			B	9	24	15.27	1570.80	17490.53	80.13	221.12	25.00	45.00
				9	32	20.36	1570.80	17648.44	102.89	211.60	29.00	58.00

- Notes :
1. Piles generally comply to JIS A 5335 - 1987 and modified to suit ACI 543 - 1979 & P.B.I 71.
  2. Specified Concrete cube Compressive strength is 600 Kg/cm<sup>2</sup> at 28 days.
  3. Allowable axial load is applicable to pile acting as a short strut.