

PERENCANAAN STRUKTUR HOTEL SAHID SOLO DENGAN DAKTILITAS TERBATAS

Dosen Pembimbing
Ir. Djoko Irawan MS

disusun oleh :
Nurhadi Unggul Wibowo
3190100015

ABSTRAK

Pembangunan gedung bertingkat tinggi di kota besar merupakan alternatif yang menguntungkan. Oleh karena itu di dalam tugas akhir ini penulis mencoba merencanakan kembali struktur sebuah gedung bertingkat di Solo, yaitu "Hotel Sahid" yang akan direncanakan sesuai dengan peraturan - peraturan yang ada. Pada tugas akhir ini perencanaannya dibatasi pada perencanaan strukturnya tanpa perencanaan fungsional dan operasional apartemen tersebut.

Perencanaan struktur ini meliputi struktur utama antara lain balok induk portal, kolom, shear wall dan pondasi. Di samping itu juga direncanakan unsur sekunder antara lain perencanaan balok anak, pelat dan tangga. Struktur gedung ini dimodelkan sebagai open frame dari beton bertulang tahan gempa. Untuk perencanaan balok anak dan pelat digunakan analisa gaya dengan ikhitar momen dan gaya lintang pada PBI'71. Sedangkan analisa gaya dalam pada struktur utama dihitung dengan analisa 3-D Space Frame memakai alat bantu software komputer ETABS.

Sebagai akhir dari penulisan Tugas Akhir ini, sebagian hasil perencanaan dan perhitungan akan dituangkan dalam gambar Arsitektur dan gambar Struktur.

DAFTAR NOTASI

- a = tinggi blok persegi tegangan tekan ekivalen
- Ab = luas penampang satu batang tulangan
- Ac = luas beton pada penampang yang ditinjau
- Ae = luas efektif beton tarik
- Ag = luas bruto penampang
- As = luas tulangan tarik non-pratekan
- As' = luas tulangan tekan
- b = lebar dari muka tekan komponen struktur
- bo = keliling dari penampang kritis pada pelat dan pondasi
- bw = lebar badan balok
- Ct = faktor yang menghubungkan sifat geser dan torsi
- d = jarak dari serat tekan terluar terhadap titik berat tulangan tarik
- d' = jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tekan
- db = diameter nominal dari batang tulangan
- dc = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan
- Ec = modulus elastisitas beton, MPa.
- Es = modulus elastisitas tulangan, Mpa.
- fy = kuat leleh yang disyaratkan dari tulangan non-pratekan, MPa.
- fc' = kuat tekan beton yang disyaratkan, Mpa.
- fck = kuat tekan beton yang didapat dari benda uji kubus berisi 150 mm, MPa.
- fr = modulus keruntuhan lentur dari beton, MPa.
- fs = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja, MPa.

- h = tebal total komponen struktur
 h_w = tinggi total dinding diukur dari dasar ke puncak
 k = faktor panjang efektif
 l_c = jarak vertikal antara dua tumpuan
 l_w = panjang horisontal dinding, mm
 l_d = panjang penyaluran, mm
 l_n = panjang batang bersih dalam arah momen yang dihitung, diukur dari muka ke muka tumpuan
 M_n = kuat momen nominal pada suatu penampang
 M_u = momen berfaktor pada penampang
 M_{1b} = nilai yang lebih kecil dari momen ujung berfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti
 M_{2b} = nilai yang lebih besar dari momen ujung berfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti
 N_u = beban aksial berfaktor normal terhadap penampang dan yang terjadi bersamaan dengan V_u , diambil positif untuk tekan, negatif untuk tarik, dan memperhitungkan pengaruh dari tarik akibat rangkai dan susut
 P_{nw} = kuat dukung beban aksial nominal dari dinding
 P_n = kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan
 P_u = beban aksial berfaktor pada eksentrisitas yang diberikan $\leq \phi P_n$
 T_c = kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton
 T_n = kuat momen torsi nominal
 T_s = kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tulangan torsi
 T_u = momen torsi berfaktor pada penampang
 V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

- V_u = gaya geser berfaktor pada penampang
- V_n = kuat geser nominal
- ϕ = faktor reduksi kekuatan
- ϕ = faktor reduksi kekuatan
- α = rasio dari kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis sumbu dari panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
- α_m = nilai rata-rata dari α untuk semua balok pada tepi dari suatu panel
- β = rasio dari bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
- β_c = rasio antara sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat
- β_s = rasio dari panjang tepi yang menerus terhadap perimeter total dari suatu panel pelat
- ρ' = rasio tulangan tekan non-pratekan
- ρ = rasio tulangan tarik non-pratekan
- ρ_b = rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
- δ_b = faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan kesamping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan
- δ_s = faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan penyimpangan lateral akibat beban lateral dan grafitasi

BAB II

DASAR-DASAR PERENCANAAN

2.1 DATA-DATA BANGUNAN

Pada setiap perencanaan struktur, data-data lapangan dan data pembebanan merupakan hal yang mendasar yang harus ada sebelum perencanaan awal dimulai. Secara keseluruhan data-data tersebut dapat dibagi dalam tiga kelompok, yaitu: data umum bangunan, data bahan dan data tanah.

2.1.1 Data Umum Bangunan

Nama gedung	: Hotel Sahid Solo
Lokasi	: Surakarta
Fungsi bangunan	: Perhotelan
Tinggi bangunan	: 30,6 meter
Jumlah lantai	: 8 lantai
Luas tiap lantai	: 978 m ²
Denah gedung	: Terlampir
Bahan struktur	: Beton bertulang
Pondasi	: Tiang pancang
Daktilitas	: 2 (Terbatas)

2.1.2 Data Bahan

Untuk struktur gedung ini dipakai konstruksi beton bertulang. Menurut PB '89 pasal 3.5.1. tulangan untuk beton bertulang harus menggunakan Baja Tulangan Deform (BjTD), yaitu baja tulangan dengan bentuk permukaan yang khusus, baik bersip teratur maupun bentuk ulir agar diperoleh lekatan yang lebih baik dengan beton yang ada disekelilingnya. Baja Tulangan Polos (BjTP) hanya boleh dipakai untuk tulangan spiral atau tendon. Berikut adalah bahan-bahan yang dipakai dalam perencanaan ini.

1. Beton

Pelat K. 300

Balok K. 300

Kolom K. 300

Shear wall K. 300

Mutu beton : K. 300 → $f_{ck}' = 300 \text{ kg/cm}^2 = 30 \text{ MPa}$

Berdasar pasal 4.1.2.1. PB '89

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

$$= [0,76 + 0,2 \log (30/15)] 30$$

$$= 24,606 \text{ MPa}$$

2. Tulangan beton

Tulangan utama (BjTD) U. 32

Tulangan sengkang dan pelat (BjTP) U. 32

Mutu baja U.32 → $f_y = 320 \text{ MPa}$

2.1.3 Data Tanah

Data ini digunakan untuk merencanakan pondasi dari gedung tersebut. Dengan mengetahui daya dukung tanah dan kondisinya, serta beban yang akan bekerja pada gedung tersebut, maka dapat direncanakan pondasinya.

Data tanah yang ada menunjukkan bahwa gedung ini berdiri di atas tanah lunak, berada pada zone gempa 4 menurut peta wilayah gempa untuk kota Surakarta (PPTGIUG '83). Dengan data tanah terlampir.

2.2 PERATURAN YANG DIPAKAI

Di dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis memakai pedoman dari beberapa peraturan yang ada antara lain:

1. Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI '71)
2. Pedoman Beton 1989 (PB '89)
3. Standard Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
(SKSNI T-15-1991-03)
4. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPI '83)
5. Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1983
(PPTGIUG '83)
6. Peraturan Perencanaan untuk Struktur Beton Bertulang dan Struktur
Tembok Bertulang untuk Gedung 1983

2.1.3 Data Tanah

Data ini digunakan untuk merencanakan pondasi dari gedung tersebut. Dengan mengetahui daya dukung tanah dan kondisinya, serta beban yang akan bekerja pada gedung tersebut, maka dapat direncanakan pondasinya.

Data tanah yang ada menunjukkan bahwa gedung ini berdiri di atas tanah lunak, berada pada zone gempa 4 menurut peta wilayah gempa untuk kota Surakarta (PPTGIUG '83). Dengan data tanah terlampir.

2.2 PERATURAN YANG DIPAKAI

Di dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis memakai pedoman dari beberapa peraturan yang ada antara lain:

1. Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI '71)
2. Pedoman Beton 1989 (PB '89)
3. Standard Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
(SKSNI T-15-1991-03)
4. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPI '83)
5. Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1983
(PPTGIUG '83)
6. Peraturan Perencanaan untuk Struktur Beton Bertulang dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung 1983

2.3 PEMBEBANAN

Prosedur dan asumsi dalam perencanaan serta besarnya beban kerja harus diperhitungkan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum.

Beban yang diperhitungkan dalam perhitungan struktur bangunan ini adalah:

- Beban gravitasi
- Beban gempa

2.3.1 Beban Gravitasi

2.3.1.1 Beban Mati

Mencakup semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan serta peralatan tetap yang tak terpisahkan dari gedung itu.

Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung yang harus ditinjau sebagai beban mati, menurut PPI '83 tabel 2.1.

- Beton bertulang	= 2.400	kg/m ³
- Pasangan bata merah	= 1.700	kg/m ³
- Adukan semen, per cm tebal	= 21	kg/m ²
- Dinding pas. batu merah (1/2 batu)	= 250	kg/m ²
- Langit-langit	= 11	kg/m ²
- Penggantungan langit-langit	= 7	kg/m ²
- Penutup lantai dari teraso dan beton	= 24	kg/m ²

2.3.1.2 Beban Hidup

Mencakup semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung sesuai dengan PPI '83, termasuk barang-barang pada ruangan yang tidak permanen.

Beban hidup pada lantai gedung, menurut PPI '83.

- Atap yang dapat dicapai orang = 100 kg/m²
- Lantai hotel = 250 kg/m²
- Tangga dan bordes = 300 kg/m²

2.3.1.3 Reduksi Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja dikaitkan dengan waktu terjadinya gempa dan kemungkinan peluang tercapainya beban hidup bekerja secara penuh selama umur gedung tersebut adalah sangat kecil, maka beban hidup tersebut dapat dianggap tidak efektif, sehingga beban hidup ini dapat dikalikan dengan suatu koefisien reduksi. Adapun besarnya koefisien reduksi beban hidup untuk gedung penggunaan sebagai hotel diberikan sesuai dengan tabel 3.3 PPI '83:

- Untuk perencanaan balok induk dan portal = 0,75
- Untuk peninjauan gempa = 0,30

Pada perencanaan unsur-unsur struktur vertikal seperti kolom-kolom dan dinding serta pondasinya yang memikul beberapa lantai tingkat, beban hidup yang bekerja pada masing-masing lantai tingkat tersebut mempunyai peranan penting dalam menentukan kekuatan. Dalam hal ini, untuk perhitungan gaya aksial di dalam unsur-unsur struktur vertikal dan dinding-dinding serta beban pada pondasinya,

jumlah kumulatif beban hidup dapat dikalikan dengan suatu koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada jumlah lantai yang dipikulnya. Adapun besarnya koefisien reduksi yang dikalikan kepada beban hidup kumulatif sesuai dengan tabel 3.4. PPI '83 .

2.3.2 Beban Gempa

Pengaruh gempa dan perencanaan tahan gempa untuk struktur-struktur gedung di Indonesia harus mengikuti PPTGIUG '83, untuk daerah Surakarta terletak pada zone gempa 4 .

2.4 METODOLOGI

2.4.1 Metoda Analisa Struktur Dan Perhitungan

Sistem struktur utama bangunan ini merupakan sistem portal terbuka (Open Frame) yang dimodelkan sebagai portal tiga dimensi, dengan struktur balok dan kolom serta dinding geser yang berfungsi menahan gaya aksial dan lateral. Fungsi utama dari pelat lantai dan pelat atap pada sistem portal ini adalah untuk mendukung beban-beban gravitasi dan untuk mentransfer beban tersebut kedalam portal. Dalam menganalisa struktur ini terhadap gempa, menurut Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia 1983 dilakukan analisa dinamis dengan menganggap bahwa lantai mempunyai perilaku seperti diafragma, yang berfungsi membagikan beban geser tingkat kepada unsur-unsur penahan gempa pada tingkat itu. Sedang balok anak sebagai unsur sekunder hanya bersifat membebani struktur

utama berupa beban terpusat, sehingga tidak mempengaruhi perilaku struktur utama.

Agar struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan dan laik pakai terhadap bermacam-macam kombinasi beban, maka harus dipenuhi ketentuan dari faktor beban yang dinyatakan dengan U dan harus dihitung minimum seperti dalam pasal 3.2.2 SK SNI-15-1991-03.

$$U = 1,2D + 1,6L \quad (3.2-1)$$

$$U = 0,75 (1,2D + 1,6L + 1,6E) \quad (3.2-2)$$

$$U = 0,9D + 1,3W \quad (3.2-3)$$

$$U = 1,05 (D + L_R \pm E) \quad (3.2-4-a)$$

$$U = 0,9 (D \pm E) \quad (3.2-4-b)$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 1,6 H \quad (3.2-5)$$

$$U = 0,75 (1,2D + 1,2T + 1,6L) \quad (3.2-6)$$

$$U = 1,2 (D + T) \quad (3.2-7)$$

Dalam menentukan kuat rencana suatu komponen struktur maka kuat minimalnya harus direduksi dengan faktor reduksi kekuatan ϕ seperti ketentuan dalam pasal 3.2.3 SK SNI-15-1991-03.

1.	Lentur murni	0,80
2.	Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur	0,80
3.	Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur	
	a. Pakai spiral	0,70
	b. Pakai sengkang	0,65
4.	Geser dan torsi	0,60
5.	Tumpuan pada beton	0,70

Untuk analisa statis dan dinamis struktur utama digunakan analisa 3 (tiga) dimensi dengan bantuan paket software ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building System) versi 5.10 dari Computer and Structures, Inc.

2.4.2 Perencanaan Terhadap Gempa

Selama terjadi gempa, bangunan mengalami gerakan vertikal dan horisontal. Gaya gempa baik arah vertikal maupun horisontal, akan timbul di titik-titik pada massa struktur. Di mana kedua gaya ini, gaya arah vertikal hanya sedikit sekali pengaruhnya terhadap gaya gravitasi yang bekerja pada struktur. Padahal struktur biasa direncanakan berdasarkan gaya vertikal dengan faktor keamanan yang memadai, akibatnya struktur jarang sekali runtuh akibat gaya gempa vertikal. Sebaliknya, gaya gempa horisontal yang diterima oleh titik-titik lemah pada struktur yang apabila kekuatannya tidak memungkinkan akan langsung menyebabkan keruntuhan. Atas alasan ini maka prinsip utama dalam perencanaan tahan gempa adalah meningkatkan kekuatan struktur terhadap pengaruh gaya lateral ke samping, yang umumnya lemah.

Menurut PPTGIUG '83, untuk struktur gedung beraturan sampai tinggi 40 m yang memenuhi syarat-syarat menurut pasal 3.2, pengaruh gempa rencana dapat ditentukan dengan cara analisa beban statik ekwivalen menurut pasal 3.4. Untuk semua struktur gedung lainnya penentuan pengaruh gempa harus didasarkan atas suatu analisa dinamik menurut pasal 3.5.

Menurut PPTGIUG '83 pasal 3.5. gedung ini harus dianalisa berdasarkan analisa dinamik tiga dimensi dengan cara analisa ragam spektrum respons menurut pasal 3.5.2. atau dengan cara analisa respons riwayat waktu menurut pasal 3.5.3.

Metode penyelesaian yang dipakai dalam analisa dinamis pada perencanaan gedung ini adalah cara analisa ragam spektrum respons, dimana pada gedung akan dikenakan spectrum percepatan respons gempa rencana yang dihitung

menurut diagram koefisien gempa dasar C untuk wilayah gempa 4 dengan struktur di atas tanah lunak.

2.4.2.1 Pengertian Daktilitas

Sesuai dengan filosofi perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia menurut PPTGIUG '83 bahwa perencanaan dari suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah menjamin struktur bangunan tersebut agar tidak rusak/runtuh oleh gempa kecil atau sedang, tetapi oleh gempa yang kuat yang jarang terjadi struktur tersebut mampu melakukan perubahan bentuk secara daktail, dengan memancarkan energi gempa dan membatasi gaya gempa yang masuk ke dalam struktur.

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

2.4.2.2 Tingkatan Daktilitas

SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.1. membagi tingkat daktilitas suatu struktur beton dalam tiga kelas, yaitu:

a. Tingkat Daktilitas 1

Struktur beton diproporsikan sedemikian sehingga ketentuan tambahan atas penyelesaian detail pada struktur bangunan sangat sedikit. Struktur sepenuhnya elastis, $\mu = 1$. Beban gempa rencana harus dihitung berdasarkan faktor $K = 4$.

b. Tingkat Daktilitas 2

Struktur beton diproporsikan berdasarkan suatu ketentuan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberikan respons inelastis terhadap beban siklis yang bekerja tanpa mengalami keruntuhan getas, $\mu = 2$. Kondisi ini dinamakan juga kondisi daktilitas terbatas. Dalam hal ini beban gempa rancang harus diperhitungkan dengan menggunakan nilai faktor K minimum = 2.

c. Tingkat Daktilitas 3

Struktur beton diproporsikan berdasarkan suatu ketentuan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberikan respons inelastik terhadap beban siklis yang bekerja dan mampu menjamin pengembangan mekanisme sendi plastis dengan kapasitas disipasi energi yang diperlukan tanpa mengalami keruntuhan, $\mu = 4$. Kondisi ini dinamakan juga kondisi daktilitas penuh. Dalam hal ini beban gempa rancang harus diperhitungkan dengan menggunakan nilai faktor K minimum = 1.

2.4.2.3 Dasar Pemilihan Tingkat Daktilitas Dua

Bila suatu gedung direncanakan dengan tingkat daktilitas 1, maka beban gempa yang direncanakan adalah 4 kali beban gempa yang dihitung sesuai dengan analisa ragam spektrum respons.

Karena besarnya beban gempa tersebut, maka ukuran penampang menjadi sangat besar, sehingga perencanaan bangunan menjadi tidak ekonomis lagi. Namun pada daerah gempa kecil perencanaan dengan tingkat daktilitas 1 masih efisien.

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

Perencanaan dengan tingkat daktilitas penuh baik dipakai pada daerah gempa kuat, dimana optimasi dalam perencanaan dapat dilakukan. Karena kekomplekkan dari daktilitas penuh ini, maka dikembangkanlah perencanaan dengan daktilitas terbatas.

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

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

2.4.2.4 Perencanaan Dengan Tingkat Daktilitas 2

Dalam merencanakan struktur rangka tingkat daktilitas 2 harus memenuhi ketentuan dalam pasal 3.14.9. SK SNI T-15-1991-03.

BAB III

PERENCANAAN PELAT

Pelat direncanakan menerima beban mati (DL) yang merupakan berat sendiri pelat dan beban hidup (LL) seperti yang diatur dalam Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1983 (PPI '83) berdasarkan fungsi tiap lantai pada gedung. Kombinasi pembebanan yang dipakai sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.2.. adalah:

$$U = 1,2 DL + 1,6 LL$$

3.1 DASAR-DASAR PERENCANAAN PELAT

Pelat di sini didisain sebagai pelat satu arah atau pelat dua arah dan didisain hanya menerima beban lentur saja. Pelat dua arah berdasarkan PB '89 pasal 9.5.3.1 atau SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.6.1.2 adalah pelat yang mempunyai perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak melebihi 2

Untuk memenuhi syarat lendutan, tebal minimum pelat satu arah harus dihitung sesuai SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5.2.1. yaitu:

pelat dengan dua tumpuan $h = l/_{20}$

pelat dengan satu ujung menerus $h = l/_{24}$

pelat dengan kedua ujung menerus $h = l/_{28}$

pelat dengan kantilever

$$h = l_{10}$$

Nilai kelangsingan yang diberikan itu berlaku untuk beton normal dan tulangan dengan $f_y = 400$ Mpa, untuk beton ringan ($w_c = 1500 - 2000 \text{ kg/m}^3$), nilai diatas harus dikalikan dengan:

$$(1,65 - 0,005 w_c) \text{ dan tidak kurang dari } 1,09$$

untuk tulangan dengan f_y selain 400 MPa, nilainya dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

untuk pelat dua arah harus memenuhi SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5.3.3 yaitu:

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

tetapi tidak kurang dari:

$$h = \frac{\text{Ln}\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak perlu lebih dari:

$$h = \frac{\text{Ln}\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36}$$

dimana:

l_n = panjang bentang bersih arah memanjang pelat

β = ratio panjang bentang bersih arah memanjang pelat terhadap arah memendek

$$- \beta = \frac{L_n}{S_n}$$

α_m = nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi pelat

α = perbandingan antara kekakuan relatif dari balok terhadap kekakuan pelat

$$- \alpha = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s}$$

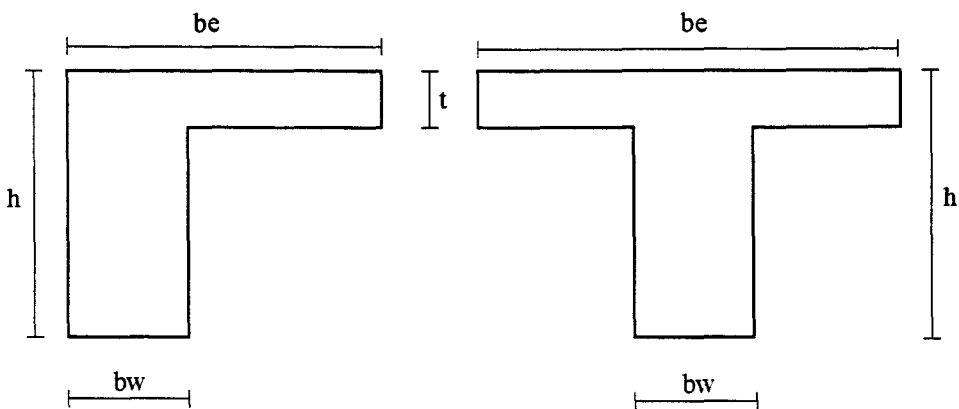
$$- I_s = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$- Ib = k \times bw \times \frac{h^3}{12}$$

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

be = lebar efektif, yaitu harga minimum dari

- ♦ interior : be = bw + 2 (h-t) dan be = bw + 2(4t)
- ♦ exterior : be = bw + (h-t) dan be = bw + (4t)



Gambar 3.1 Penampang balok exterior dan interior

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

- untuk $\alpha_m < 2,0$ $h_{\min} = 120 \text{ mm}$
- untuk $\alpha_m \geq 2,0$ $h_{\min} = 90 \text{ mm}$

Besarnya momen rencana pelat satu arah dapat ditentukan berdasarkan SK

SNI T-15-1991-03 pasal 3.1.3.3.

- momen positif bentang ujung untuk tumpuan luar yang menyatu dengan komponen pendukung, $\frac{w_u \cdot l_n^2}{14}$
- momen positif bentang dalam, $\frac{w_u \cdot l_n^2}{16}$

- momen negatif pada bidang muka dari semua pendukung untuk pelat dengan bentang tidak lebih dari 3m, $\frac{w_u \cdot l_n^2}{12}$

atau berdasarkan pasal 13.2 PBI '71.

Sedangkan untuk pelat dua arah, jumlah absolut momen terfaktor positif dan negatif rata-rata dalam setiap arah berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal

3.6.6.2.2 adalah:

$$M_o = \frac{w_u \cdot l_2 \cdot l_n^2}{8}$$

distribusi M_o ditunjukkan dalam SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.6.3, yaitu:

- untuk bentang dalam, $M_{\text{pos}} = 0,65$

$$M_{\text{neg}} = 0,35$$

- untuk bentang tepi (pelat dengan balok diantara semua tumpuan)

$$M_{\text{neg (ext)}} = 0,16$$

$$M_{\text{pos}} = 0,57$$

$$M_{\text{neg (int.)}} = 0,70$$

atau berdasarkan tabel 13.3.2 PBI '71.

Geser rencana pada pelat disebutkan dalam SK SNI T-15-1991-03 pasal

3.1.3.3 sebagai berikut:

- geser pada komponen struktur ujung pada bidang muka dari komponen struktur pendukung dalam pertama, $\frac{1,15 \cdot w_u \cdot l_n}{2}$
- geser pada bidang muka struktur pendukung lainnya, $\frac{w_u \cdot l_n}{2}$

Kuat geser yang disumbangkan beton dapat dihitung dengan rumus SK SNI

T-15-1991-03 pasal 3.4.3.1:

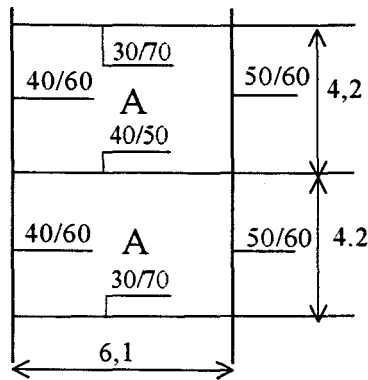
$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \text{ (struktur dengan beban geser dan lentur saja)}$$

3.2 PERENCANAAN TEBAL PLAT

Untuk pelat satu arah direncanakan dengan bentang $l = 3 \text{ m}$ (pelat H dan I), sehingga tebal pelat:

$$\begin{aligned}
 h &= l/28 (0,4 + f_y/700) \\
 &= 3000/28 (0,4 + 320/700) \\
 &= 91,836 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk perencanaan tebal pelat dua arah, sebagai contoh diambil pelat A seperti sket berikut:



Gambar 3.2 Sket pelat A

Untuk perhitungan awal diambil tebal pelat 12 cm.

Tabel 3.1 Perbandingan antara kekakuan relatif balok terhadap kekakuan pelat

Balok	jenis	b_{e1}	b_{e2}	b_e/b_w	t/h	k	I_b	I_s	α
30/70	interior	126	146	4,2	0,17	1,4	1182169	79200	14,93
40/60	exterior	88	88	2,2	0,2	1,4	994320	43200	23,02
50/60	interior	146	146	2,95	0,2	1,6	220172	57600	3,82
40/50	interior	126	106	3,53	0,24	1,7	528125	57600	9,17

$$h = \frac{\text{Ln}\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta \left[\alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right]} \quad \dots(1)$$

$$h = \frac{(6100 - 200 - 252)\left(0,8 + \frac{320}{1500}\right)}{36 + 5\beta \left[12,7 - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\left(\frac{6100 - 200 - 250}{4200 - 150 - 150}\right)}\right) \right]} = 42,26 \text{ mm}$$

tetapi tidak kurang dari:

$$h = \frac{\text{Ln}\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} \quad \dots(2)$$

$$h = \frac{(6100 - 200 - 250)\left(0,8 + \frac{320}{1500}\right)}{36 + 9\left(\frac{6100 - 200 - 250}{4200 - 150 - 150}\right)} = 125,9 \text{ mm}$$

dan tidak lebih dari:

$$h = \frac{\text{Ln}\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36} \quad \dots(3)$$

$$h = \frac{(6100 - 200 - 250)\left(0,8 + \frac{320}{1500}\right)}{36} = 171,7 \text{ mm}$$

Dari ketiga rumus di atas ternyata hasil dari batasan tebal minimum pelat yang dihitung dengan persamaan (1) hasilnya jauh lebih kecil dibandingkan persamaan (2), sehingga untuk selanjutnya, perhitungan tebal minimum pelat cukup digunakan batasan seperti persamaan (2). Untuk perhitungan tebal minimum pelat lainnya pada tabel 3.2:

Tabel 3.2 Perhitungan tebal minimum pelat dua arah

Pelat	L_n	S_n	β	h_{min} (cm)	h_{min} (cm)	keterangan
A	610	420	1,45	12,59	17,17	OK
B	660	420	1,57	13,34	18,57	OK
C	610	395	1,54	12,38	17,17	OK
D	660	395	1,67	13,11	18,57	OK
E	610	510	1,19	13,22	17,17	OK
F	335	280	1,19	7,25	9,42	OK
G	570	330	1,72	11,21	16,04	OK

Jadi untuk lantai diambil tebal pelat 13,5 cm, sedangkan pelat atap diambil

10 cm dengan anggapan beban yang diterima atap lebih kecil.

3.3 PEMBEBANAN PELAT

Beban-beban yang bekerja pada pelat diambil dari PPI 1983, baik berat bebannya maupun koefisiennya. Besarnya beban mati dari tiap jenis material sesuai dengan tabel 3.1 PPI 1983.

Beban hidup dan beban mati yang bekerja pada pelat adalah sbb:

A. Pembebanan pelat atap:

a. Beban mati:

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

$$\text{plafond + penggantung} = 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{finishing (1 cm)} = 0,01 \times 2100 = 21 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{ducting AC + pipa-pipa} = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{aspal (1cm)} = 0,01 \times 1400 = 14 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{DL} = \overline{333 \text{ kg/m}^2} +$$

b. Beban hidup:

$$\text{PPI '83 psl 3.2} \quad \text{LL} = 100 \text{ kg/m}^2$$

c. Beban Ultimate:

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

$$= 1,2 \times 333 + 1,6 \times 100$$

$$= 559,6 \text{ kg/m}^2$$

B. Pembebanan pelat lantai :

a. Beban mati:

$$\begin{aligned}
 \text{berat sendiri pelat} &= 0,135 \times 2400 = 324 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{plafond + penggantung} &= 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{tegel + spasi (3 cm)} &= 24 + (0,03 \times 2200) = 87 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{ducting AC + pipa-pipa} &= 40 \text{ kg/m}^2 \\
 \hline
 \text{DL} &= 469 \text{ kg/m}^2 +
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup:

$$\text{PPI '83 tabel 3.1} \quad \text{LL} = 250 \text{ kg/m}$$

c. Beban Ultimate:

$$\begin{aligned}
 q &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times 469 + 1,6 \times 250 = 962,8 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Selain itu untuk beban mati pada plat tertentu masih perlu ditambahkan super imposed dead load, yaitu beban akibat dinding pemisah dari partisi. Untuk lebih jelasnya lihat pembebanan pelat dibawah ini:

- Pembebanan dengan super imposed dead load:

a. Beban mati:

$$\begin{aligned}
 \text{berat sendiri pelat} &= 0,135 \times 2400 = 324 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{super imposed dead load} &= 200 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{plafond + penggantung} &= 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{tegel + spasi (3 cm)} &= 24 + (0,03 \times 2200) = 87 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{ducting AC + pipa-pipa} &= 40 \text{ kg/m}^2 \\
 \hline
 \text{DL} &= 669 \text{ kg/m}^2 +
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup:

$$\text{PPI '83 tabel 3.1} \quad \text{LL} = 250 \text{ kg/m}$$

c. Beban Ultimate:

$$\begin{aligned} q &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \times 669 + 1,6 \times 250 = 1202,8 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

atau :

a. Beban mati:

berat sendiri pelat	$= 0,135 \times 2400 = 324 \text{ kg/m}^2$
super imposed dead load	$= 400 \text{ kg/m}^2$
plafond + penggantung	$= 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
tegel + spasi (3 cm)	$= 24 + (0,03 \times 2200) = 87 \text{ kg/m}^2$
ducting AC + pipa-pipa	$= 40 \text{ kg/m}^2$
	<hr style="width: 100%; border: 0; border-top: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"/> + DL = 869 kg/m ²

b. Beban hidup:

$$\text{PPI '83 tabel 3.1} \quad \text{LL} = 250 \text{ kg/m}$$

c. Beban Ultimate:

$$\begin{aligned} q &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \times 869 + 1,6 \times 250 \\ &= 1442,8 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

3.4 PERMODELAN DAN ANALISA MOMEN PADA PELAT

Pada permodelan pelat di dalam tugas akhir ini, pelat dianggap terjepit elastis pada keempat sisinya. Hal ini dikarenakan bahwa pada tepi-tepi pelat (baik yang menerus maupun yang tidak menerus) pasti terjadi perputaran sudut.

Pertimbangan lain permodelan 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. Padahal pada keadaan sesungguhnya tepi pelat dapat berputar.

Lain halnya jika pelat dimodelkan terjepit elastis pada keempat sisinya. Pada permodelan jepit elastis maka besarnya momen pada lapangan akan mendekati momen tumpuannya (khusus untuk pelat yang ditumpu pada keempat sisinya) sehingga permodelan struktur lebih aman.

Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada pelat dihitung secara manual menggunakan pasal 13.2 PBI '71 untuk pelat satu arah dan tabel 13.3.2 PBI '71 untuk pelat dua arah.

3.5 PERENCANAAN PENULANGAN PELAT

Untuk mempermudah pelaksanaan kontruksi di lapangan, jarak dan diameter penulangan pelat sedapat mungkin diusahakan seragam antara pelat yang satu dengan pelat bagian yang lain pada tiap lantainya. Untuk itu pada perhitungan penulangan pelat diambil hanya pada keadaan yang dianggap kritis, sedangkan untuk pelat yang lainnya yang dianggap aman dapat diseragamkan dengan dengan pelat yang dianggap kritiis tadi.

3.5.1 Penulangan Lentur

Sebagai contoh perhitungan diambil pelat atap type E

dengan data perencanaan sbb:

$$f_c' = 24,606 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 320 \text{ Mpa}$$

- tebal pelat atap = 10 cm

- Diameter tulangan yang direncanakan :

Tulangan arah x menggunakan $\theta - 10$

Tulangan arah y menggunakan $\theta - 10$

Tulangan susut menggunakan $\theta - 10$

♦ Penulangan arah x di lapangan:

$$L_y/l_x = 6,1/5,1 = 1,19608$$

dari tabel 13.3.2 PBI '71 didapat $C = 45,8431$

$$M_{ly} = 0,001 \times q \times l_x^2 \times C$$

$$= 0,001 \times 559,6 \times 5,1^2 \times 45,8431$$

$$= 667,255848 \text{ kgm}$$

$$f_c' = 24,61 \text{ MPa} < 30 \text{ MPa, maka } \beta_1 = 0,85$$

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

$$= \frac{0,85(24,61)(0,85) \left(\frac{600}{600 + 320} \right)}{320}$$

$$= 0,036$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b \quad (\text{SKSNI T-15-1991 psl 3.3.3.3})$$

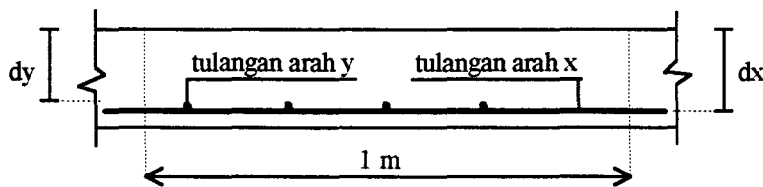
$$= 0,75 (0,036)$$

$$= 0,027$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (\text{SKSNI T-15-1991 psl 3.3.5.1})$$

$$= \frac{1,4}{320}$$

$$= 0,004375$$



Gambar 3.3 Penampang pelat

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

$$d_x = 100 - 20 - 0,5 (10) = 75 \text{ mm}$$

$$d_y = 100 - 20 - 10 - 0,5 (10) = 65 \text{ mm}$$

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

$$= \frac{6672558}{0,8(100)(7,5)^2} = 1,48279 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right)$$

$$= \frac{0,85(24,61)}{320} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(1,48279)}{0,85(24,61)}} \right)$$

$$= 4,81 \cdot 10^{-3} > \rho_{\min} (0,004376)$$

Sehingga tulangan yang dibutuhkan :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b_w \cdot d = 0,00481 (100) (7,5)$$

$$= 3,60 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan $\theta 10-20 \text{ cm}$ ($A_{s_{\text{ada}}} = 3,93 \text{ cm}^2$)

dan tidak boleh kurang dari tulangan susut dan suhunya (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.4.1)

Kontrol spasi maksimum

$$S_{\max} \leq 3t \text{ atau } 500 \text{ mm} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.16.6.5})$$

dan untuk penampang kritis

$$S_{\max} \leq 2t \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.4.2})$$

Untuk penulangan pelat type lainnya dapat dilihat pada tabel 3.5 dan 3.6.

3.5.2 Tulangan Susut Dan Suhu

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

Tulangan susut dan suhu dipasang tegak lurus dengan arah tulangan memanjang.

Tulangan susut dan suhu sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.16.12.2.1:

untuk pelat atap:

$$\begin{aligned} A_s &= 0,00196 \cdot b_w \cdot h \\ &= 0,00196 \cdot 1000 \cdot 100 = 196 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan θ 10-20 cm ($A_{s_{\text{ada}}} = 3,93 \text{ cm}^2$).

untuk pelat lantai:

$$\begin{aligned} A_s &= 0,00196 \cdot b_w \cdot h \\ &= 0,00196 \cdot 1000 \cdot 135 = 264,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan θ 10-25 cm ($A_{s_{\text{ada}}} = 3,14 \text{ cm}^2$).

Kontrol spasi maksimum

$$S_{\max} \leq 5t \text{ atau } 500 \text{ mm} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.16.12.2.2})$$

3.6 KONTROL GAYA GESER

Gaya geser terbesar terjadi pada komponen struktur ujung pelat lantai, bidang muka dari komponen pendukung dalam pertama, yaitu:

$$\begin{aligned} V_u &= 1,15 q_u \cdot L_n/2 \\ &= 1,15 \cdot 1399,6 \cdot 6,6/2 = 5311,482 \text{ kg} = 53114,82 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser di atas diambil untuk keadaan pelat yang paling kritis sehingga diasumsikan dapat mewakili semua jenis pelat yang ada.

Kekuatan geser beton:

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_{c'}} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{24.61} \cdot 1000 (135-20-5) \\ &= 90948,85 \end{aligned}$$

koefisien reduksi, $\phi = 0,6$ (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.3.2)

$$\phi V_c = 0,6 \times 90948,85 = 54569,3 > V_u \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

3.7 Kontrol Lendutan

SK SNI T-15-1991-03 juga menyebutkan bahwa jika tebal pelat yang ada lebih besar atau sama dengan tebal pelat minimum yang dihitung dengan kedua rumus pada pasal 3.2.5.2 untuk pelat satu arah dan 3.2.5.3 untuk pelat dua arah, maka lendutan tidak perlu dihitung lagi.

3.8 Kontrol Retak

Lebar retak diperhitungkan jika digunakan tulangan dengan $f_y > 413 \text{ MPa}$ (Chu Kia Wang dan Charles G. Salmon dalam "Reinforced Concrete Design").

Sedangkan Mutu tulangan yang dipakai pada perencanaan pelat ini adalah tulangan U.32 dengan $f_y = 320 \text{ Mpa} < 413,7 \text{ Mpa}$, sehingga lebar retak tidak perlu dilakukan.

BAB IV

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

Struktur sekunder adalah unsur-unsur yang tidak diperhitungkan bagi ketahanan gedung secara keseluruhan seperti dinding-dinding pemisah, panel-panel, atau penyekat-penyekat, tetapi dapat mengalami tegangan-tegangan akibat beban yang bekerja langsung padanya atau akibat perubahan bentuk dari unsur-unsur primer.

Unsur sekunder yang akan dibahas di sini adalah perencanaan tangga dan balok anak..

4.1 PERENCANAAN TANGGA

Tangga pada perencanaan ini dimodelkan sebagai frame dengan dua tumpuan yaitu rol ujung bordes dan jepit pada ujung tangga bawah atau atas dengan pemisahan antara tangga kiri dan tangga kanan dengan suatu siar dilatasi sebesar ± 1 cm pada tengah bordes yang nantinya diisi dengan aspal.

Hal ini sesuai dengan "Peraturan Tahan Gempa Untuk Gedung 1983", mengenai pemisahan struktur sekunder terhadap struktur utamanya, sehingga struktur sekunder hanya bersifat membebani struktur utama tanpa mempengaruhi kekakuannya.

ketentuan perencanaan tangga yang baik:

- injakan tangga berkisar antara $60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 62 \text{ cm}$

dimana:

$$t = \text{tinggi injakan (17 - 20 cm)}$$

$$i = \text{lebar injakan} > 240$$

- kemiringan tangga $30^\circ - 35^\circ$

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

4.1.1 Data-Data Perencanaan Tangga

mutu beton K300 $f_c' = 24,61 \text{ MPa}$

mutu baja U32 $f_y = 320 \text{ MPa}$

tulangan utama menggunakan D12

tebal plat = 15 cm

tebal decking = 2 cm

tinggi lantai = 360 cm

lebar tangga = 300 cm

Dimensi

dimisalkan $t = 18 \text{ cm}$

maka, $60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 62 \text{ cm}$

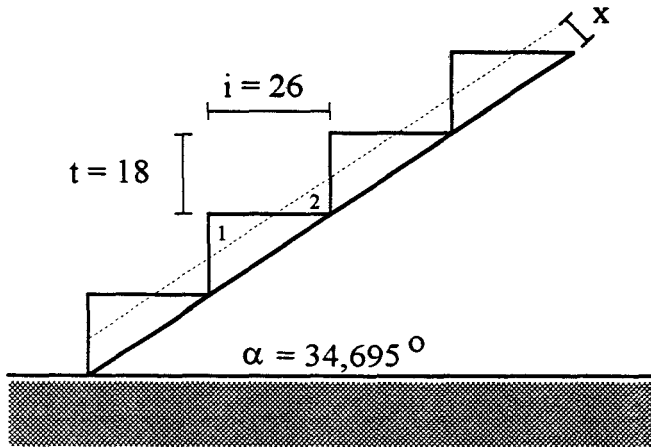
$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 18) + i \leq 62 \text{ cm}$$

$$24 \text{ cm} \leq i \leq 26 \text{ cm} \quad \text{diambil } i = 26 \text{ cm}$$

jumlah anak tangga = $(360/2) : 18 = 10 \text{ buah}$

panjang pelat tangga = $10 \times 26 = 260$

kemiringan tangga (a) = $\text{arc tg } (180/260) = 34,695^\circ$



Gambar 4.1 Dimensi anak tangga

Perhitungan Tebal Rata-rata Pelat Tangga

$$\text{Luasan } \Delta 1 = \text{Luasan } \Delta 2$$

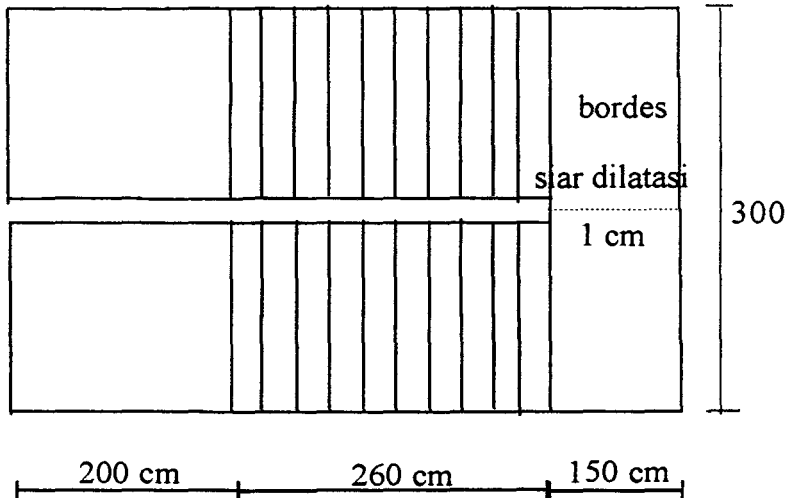
$$1/2 (26/2) (18/2) = 1/2 X \sqrt{(26/2)^2 + (18/2)^2}$$

$$X = 7,399 \text{ cm}$$

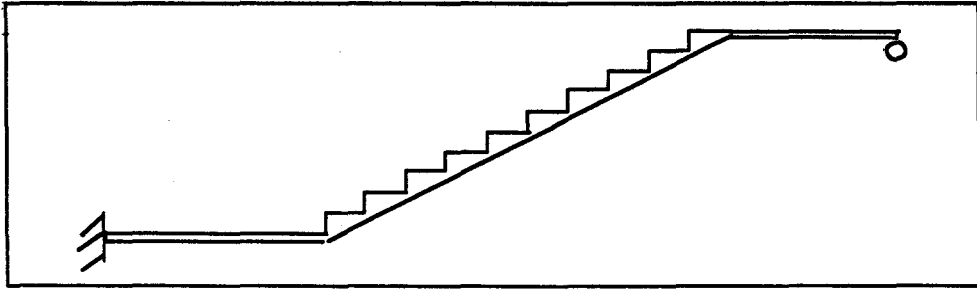
maka, tebal plat rata-rata = tebal pelat tangga + X

$$= 15 + 7,399$$

$$= 22,339 \text{ cm}$$



Gambar 4.2 Perencanaan tangga



Gambar 4.3 Pemodelan struktur untuk mencari gaya dalam

4.1.2 Pembebanan Tangga

1. Pelat anak tangga

a. Beban Mati:

$$\begin{aligned} \text{berat sendiri} &= \frac{0,22399}{\cos 34,695^\circ} \times 2400 = 653,85 \text{ kg/m}^2 \\ \text{spesi + tegel} &= (2 \times 21) + 24 = 101,64 \text{ kg/m}^2 \\ \text{sandaran} &= \underline{45 \text{ kg/m}^2} \div \\ \text{DL} &= 800,49 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup: LL = 300 kg/m²

c. beban ultimate:

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (800,49) + 1,6 (300) \\ &= 1440,588 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

2. Pelat bordes

a. Beban Mati:

$$\begin{aligned} \text{berat sendiri} &= 0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2 \\ \text{spesi + tegel} &= (2 \times 21) + 24 = 101,64 \text{ kg/m}^2 \\ \text{sandaran} &= \underline{45 \text{ kg/m}^2} \div \\ \text{DL} &= 471,64 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

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

c. beban ultimate:

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (471,64) + 1,6 (300) \\ &= 1045,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.1.3 Perhitungan Penulangan Tangga

♦ Penulangan Lentur

Penulangan tumpuan kanan pada elemen bordes bawah

$$M_u = 2089,59 \text{ kgm} = 2089,59 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

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

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{20895900}{0,8 (1000) (122)^2} = 1,7549 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 (f_c')}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right] \\ &= \frac{0,85(24,606)}{320} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2(1,7549)}{0,85(24,606)}} \right] \\ &= 5,74 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

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

$$\rho_{\text{max}} = 0,0,027$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d = 0,00574 (100) (12,2) = 7,112297 \text{ cm}^2$$

dipasang tulangan utama D16 -200 ($A_s = 10,05 \text{ cm}^2$)

♦ Tulangan Pembagi:

$$A_s = 0,00196 \cdot 1000 \cdot 150 = 294 \text{ mm}^2$$

dipasang tulangan pembagi $\emptyset 10 - 250$ ($A_s = 314 \text{ mm}^2$)

Hasil perhitungan penulangan elemen-elemen tangga lainnya dapat dilihat

pada tabel 4.1

4.2 PERENCANAAN BALOK ANAK

Balok anak sebagai unsur sekunder merupakan unsur yang tidak direncanakan untuk memikul beban gempa, tetapi lebih berarti sebagai unsur yang mendukung beban gravitasi unsur lain yang bekerja langsung padanya, misalnya tumpuan tangga, pelat atau dinding. Beban yang diterima disalurkan kedalam portal. Selain itu dalam mendukung pelat, balok anak juga berfungsi sebagai pengaku pelat sehingga pelat lantai benar-benar horisontal dan kaku pada bidangmya. Keuntungan lain penggunaan balok anak adalah memperkecil syarat ketebalan pelat yang dibutuhkan, sehingga lebih ekonomis.

4.2.1 Dasar-Dasar Perencanaan Balok Anak

Untuk memenuhi syarat lendutan, tinggi balok non pratekan minimum harus dihitung sesuai SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5.2 - 1, yaitu:

$$\text{balok dengan dua tumpuan} \quad h = l/20$$

$$\text{balok dengan satu ujung menerus} \quad h = l/24$$

$$\text{balok dengan kedua ujung menerus} \quad h = l/28$$

$$\text{balok kantilever} \quad h = l/10$$

Nilai kelangsingan yang diberikan itu berlaku untuk beton normal dan tulangan dengan $f_y = 400 \text{ Mpa}$., untuk beton ringan ($w_c = 1500 - 2000 \text{ kg/m}^3$), nilai diatas harus dikalikan dengan:

$$(1,65 - 0,005 w_c) \text{ dan tidak kurang dari } 1,09$$

untuk tulangan dengan f_y selain 400 MPa , nilainya dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

Pada proses analisis kerangka besarnya momen dan geser untuk merencana balok menerus boleh digunakan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.1.3.3:

- momen positif bentang ujung untuk tumpuan luar yang menyatu dengan komponen pendukung, $\frac{w_u \cdot l_n^2}{14}$
- momen positif bentang ujung bagian dalam, $\frac{w_u \cdot l_n^2}{16}$
- momen negatif pada bidang muka dari pendukung pertama untuk dua bentang, $\frac{w_u \cdot l_n^2}{9}$
- momen negatif pada bidang muka dari pendukung pertama (lebih dari dua bentang), $\frac{w_u \cdot l_n^2}{10}$
- momen negatif pada bidang muka lainnya dari pendukung dalam, $\frac{w_u \cdot l_n^2}{11}$
- momen negatif pada bidang muka dalam dari pendukung luar untuk komponen struktur yang menyatu dengan komponen struktur pendukung dengan struktur pendukung balok sprandel, $\frac{w_u \cdot l_n^2}{24}$
- geser dari komponen struktur ujung pada bidang muka dari komponen struktur pendukung dalam pertama, $\frac{1,15 \cdot w_u \cdot l_n^2}{2}$
- geser pada bidang muka komponen struktur pendukung lainnya, $\frac{w_u \cdot l_n^2}{2}$

asalkan memenuhi ketentuan berikut:

1. minimum harus ada dua bentang;
2. panjang bentang lebih kurang sama, dengan ketentuan bahwa bentang yang lebih besar dari dua bentang yang bersebelahan perbedaannya tidak melebihi 20 persen dari bentang yang pendek;
3. beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata;

4. beban hidup per unit tidak melebihi tiga kali beban mati per unit,

5. dan komponen strukturnya prismatis.

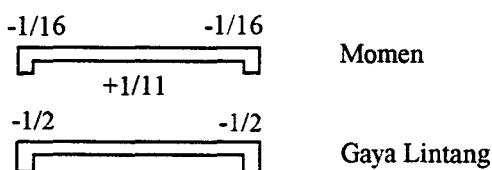
momen-momen dan gaya-gaya lintang boleh juga berdasarkan PBI '71 pasal 13.2.3.

sebagai berikut:

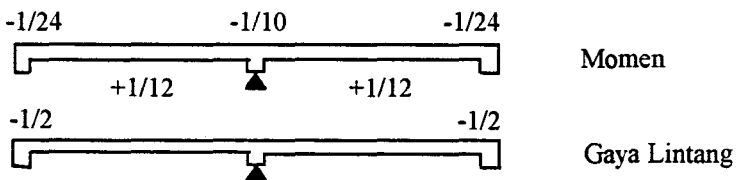
Momen = koef x q_{ek} x l^2

Gaya lintang = koef x q_{ek} x l , dengan koef sperti dibawah ini

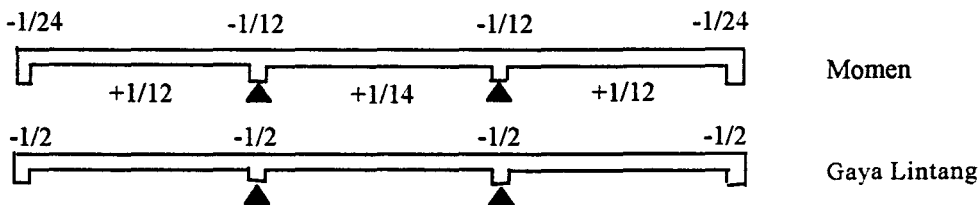
- Lajur Menerus Satu Arah



- Lajur Menerus Dua Arah



- Lajur Menerus Tiga Bentang atau Lebih



Gambar 4.4 Ikhtisar momen-momen dan gaya lintang menurut PBI '71

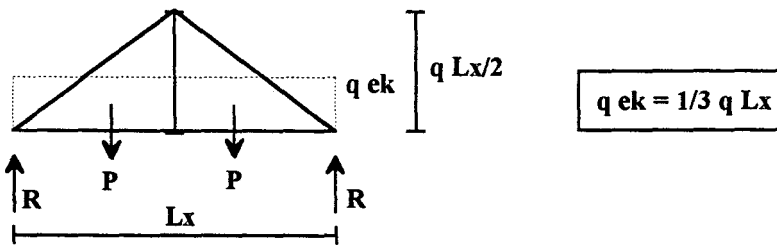
pasal 13.2 akibat beban terbagi rata

Pelindung beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan adalah 50 mm untuk beton yang berhubungan dengan tanah dan cuaca pada batang D19 hingga D56, dan 40 mm pada batang D16 dan yang lebih kecil dari itu. Sedangkan untuk beton yang tidak secara langsung berhubungan dengan tanah dan cuaca juga 40 mm. SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.16.7 - 1

Beban-belan yang bekerja pada balok pemikul dari pelat, untuk semua tumpuan pelat dapat dianggap sebagai beban segitiga pada tepi yang pendek dan sebagai beban trapesium pada tepi panjang dengan intensitas maksimum sebesar $1/2q_l^2$ persatuan panjang (PBI '71 pasal 13.3.10). Beban-belan berbentuk trapesium maupun segitiga tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekivalen dengan menyamakan momen maksimumnya.

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

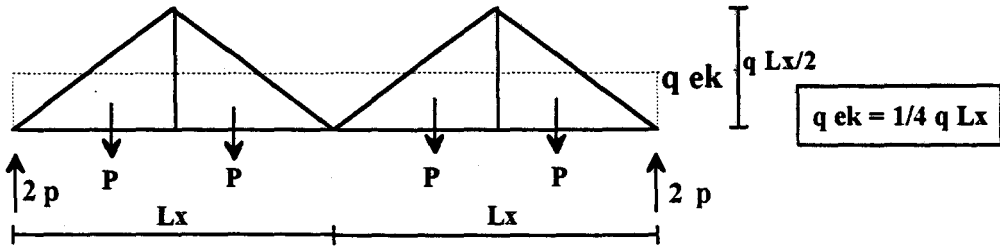
Beban Ekivalen Segitiga



$$\begin{aligned}
 P &= \frac{1}{2} \cdot \frac{q \cdot L_x}{2} \cdot \frac{L_x}{2} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L \\
 M_{max} &= P \left(\frac{L_x}{2} - \frac{L_x}{6} \right) \\
 &\Leftrightarrow \frac{1}{8} q_{ek} \cdot L_x^2 = \frac{1}{8} q \cdot L_x^2 \cdot \frac{L_x}{3} \\
 &\Leftrightarrow q_{ek} \cdot L_x = \frac{1}{3} q \cdot L_x
 \end{aligned}$$

Gambar 4.5 Beban ekivalen segitiga

Beban Ekuivalen Dua Segitiga



$$P = \frac{1}{2} \cdot \frac{q \cdot L_x}{2} \cdot \frac{L_x}{2} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L$$

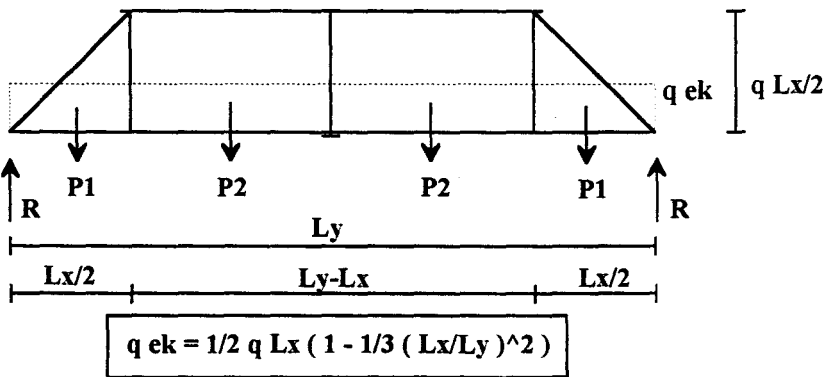
$$M_{max} = 2P \cdot L_x - P \left(\frac{2L_x}{3} - \frac{L_x}{3} \right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{2}{8} q_{ek} \cdot L_x^2 = \frac{2}{8} q \cdot L_x^2 L_x - \frac{1}{8} q \cdot L_x^2 L$$

$$\Leftrightarrow q_{ek} = \frac{1}{4} q \cdot L_x$$

Gambar 4.6 Beban ekuivalen dua segitiga

Beban Ekuivalen Trapesium



$$P_1 = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L_x$$

$$P_2 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L_x \cdot \frac{L_y \cdot L_x}{2}$$

$$M_{max} = (P_1 + P_2) \frac{L_y}{2} - P_1 \left(\frac{L_y - L_x}{2} + \frac{L_x}{6} \right) - P_2 \frac{L_y - L_x}{2}$$

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

Gambar 4.7 Beban ekuivalen trapesiem

4.2.2 Perhitungan Penulangan Balok Anak

4.2.2.1 Penulangan Lentur Balok Anak

♦ Asumsi Perencanaan

Kekuatan nominal dari suatu komponen struktur untuk memikul beban lentur dan aksial didasarkan pada asumsi perencanaan menurut SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.2. Yaitu:

1. Regangan pada tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding linier secara langsung dengan jarak dari sumbu netral.
2. Regangan berguna maksimum pada serat terluar beton yang tertekan harus diasumsikan sama dengan 0,003.
3. Tegangan yang terjadi pada tulangan di bawah kuat leleh, yang disyaratkan (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 tergantung pada regangan yang diambil sama dengan f_y .
 - bila $\epsilon_s \leq \epsilon_y$, maka : $f_s = E_s \epsilon_s$ ($E_s = 200000$ MPa)
 - bila $\epsilon_s \geq \epsilon_y$, maka : $f_s = f_y$
4. Kekuatan tarik beton diabaikan dalam perhitungan lentur konstruksi beton bertulang.
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 pengujian yang lebih menyeluruh.

6. Persyaratan no.5 di atas, boleh dianggap dipenuhi oleh suatu distribusi tegangan beton persegi ekuivalen yang didefinisikan sebagai berikut :

- a. Tegangan beton sebesar $0,85 f_c'$ harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada daerah tekan ekuivalen beton 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.
- b. jarak c dari serat dengan regangan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah tegak lurus terhadap sumbu tersebut.
- c. Faktor β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan beton f_c' hingga atau sama dengan 30 MPa, sedangkan untuk kekuatan di atas 30 MPa, β_1 harus direduksi secara menerus sebesar 0,008 untuk setiap kelebihan 1 MPa di atas 30 MPa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65.

◦ Untuk $f_c' \leq 30$ MPa, $\beta_1 = 0,85$

◦ Untuk $f_c' > 30$ MPa, $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \geq 0,65$

♦ **Perhitungan momen nominal M_n dilakukan dengan distribusi tegangan beton berbentuk blok empat persegi panjang.**

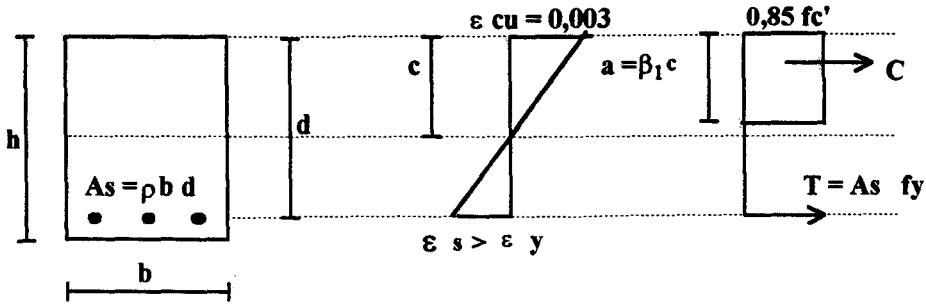
Pada diagram blok segi empat seperti gambar 4.8:

Keseimbangan gaya

$$C = T$$

$$0,85 f_c' b a = A_s f_y \tag{4.1}$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{(\rho b d) f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{\rho d f_y}{0,85 f_c'} \tag{4.2}$$



Gambar 4.8 Diagram regangan tegangan dalam kekuatan nominal

Kesimbangan momen didapat

$$\begin{aligned}
 Mn &= (C \text{ atau } T) \left(d - \frac{a}{2} \right) && \text{atau} && 4.3 \\
 &= 0,85 f'_c b a \left(d - \frac{a}{2} \right) && \text{atau} && 4.4 \\
 &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= \rho b d \left(d - \frac{a}{2} \right) && && 4.5
 \end{aligned}$$

Bila harga dari persamaan (4.2) dimasukkan ke persamaan (4.5) akan didapat:

$$Mn = \rho b d f_y \left(d - \frac{\rho d f_y}{2 \cdot 0,85 f'_c} \right) \quad 4.6$$

Bila persamaan (4.6) dibagi bd^2 maka akan didapatkan koefisien lawan (coefficients resistance) yang dinyatakan dengan R_n dan dituliskan:

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mn}{bd^2} = \rho f_y \left[1 - \frac{1}{2} \rho \left(\frac{f_y}{0,85 f'_c} \right) \right], \text{ dimana: } Mn = \frac{Mu}{\phi} \\
 &= \frac{Mu}{\phi bd^2}
 \end{aligned}$$

Bila b dan d ditetapkan terlebih dahulu berarti R_n ditentukan dulu juga, untuk hal tersebut ρ dapat ditetapkan dengan jalan memecahkan persamaan kwadrat dari:

$$\begin{aligned}
 R_n &= \rho f_y \left[1 - \frac{1}{2} \rho \left(\frac{f_y}{0,85 f'_c} \right) \right], \text{ maka akan diperoleh:} \\
 \rho &= \frac{f'_c}{0,85 f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot f_y \cdot R_n}{0,85 f'_c}} \right] && \text{dan} \\
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d && \text{dimana: } \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}
 \end{aligned}$$

♦ **Kondisi Regangan Berimbang Dan Batas Rasio Penulangan**

Definisi regangan berimbang suatu penampang adalah suatu kondisi dimana tulangan tarik mencapai tegangan leleh yang disyaratkan (f_y) pada saat yang bersamaan dengan bagian beton yang tertekan mencapai regangan batas sebesar 0,003. SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.3 - 2

Untuk menganalisa balok, yang perlu ditentukan pertama kali adalah penulangan maksimum yang diijinkan $0,75 \rho_b$. Untuk penampang segi empat dengan penulangan tarik saja, ρ_b adalah merupakan fungsi dari mutu beton dan baja saja, yaitu modulus elastisitas baja E_s dan tegangan leleh baja f_y . Dengan diagram regangan seperti gambar 4.9.

Untuk keadaan seimbang, hubungan antara tinggi X_b (keadaan berimbang) garis netral terhadap tebal efektif dapat ditulis

$$\begin{aligned} \frac{X_b}{d} &= \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_y} \\ &= \frac{0,003}{0,003 + \frac{f_y}{200000}} = \frac{600}{600 + f_y} \\ X_b &= d \frac{600}{600 + f_y} \end{aligned}$$

Hubungan antara tinggi a dari stress blok dan X_b garis netral, adalah:

$$ab = \beta_1 \cdot X_b$$

dimana:

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 && \text{Untuk } f_c' \leq 30 \text{ MPa,} \\ \beta_1 &= 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \geq 0,65 && \text{Untuk } f_c' > 30 \text{ MPa,} \end{aligned}$$

Tebal stress blok kondisi balance.

$$ab = \beta_1 \cdot d \cdot \frac{600}{600 + f_y} \tag{4.7}$$

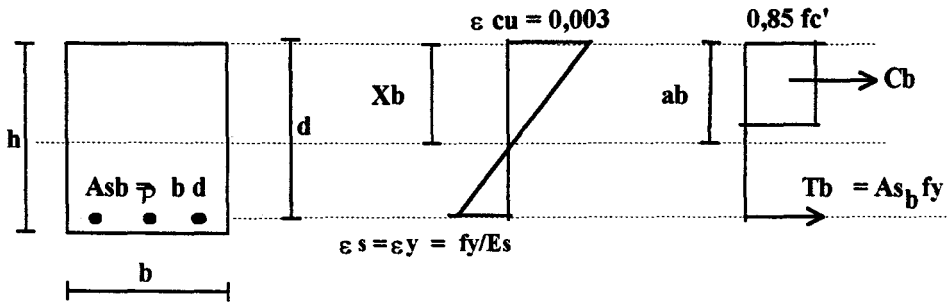
Dari keseimbangan gaya didapat:

$$A_s b \cdot f_y = 0,85 f_c' \cdot b \cdot ab$$

$$\rho_b = \frac{As_b}{bd} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot ab}{f_y \cdot d}$$

Dari persamaan 4.7 perbandingan tulangan berimbang menjadi:

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



Gambar 4.9 Kondisi regangan seimbang

Jika rasio tulangan beton terpasang lebih besar dari keadaan berimbang tersebut di atas, maka letak garis netral beton akan turun sehingga regangan beton di daerah tekan akan lebih besar dari regangan batas beton yang disyaratkan ($\epsilon_{cu} = 0,003$) pada keadaan tulangan tarik mencapai lelehnya. Keruntuhan dari balok ini akan terjadi tiba-tiba pada saat regangan mencapai 0,003 sekalipun balok mengalami deformasi kecil (tulangan belum meleleh). Jadi beton di daerah 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 tercapai kekuatan runtuhnya sehingga secara dini akan tampak bahwa komponen struktur tersebut sudah membahayakan. (Chu-Kia Wang, C.G Salmon, Reinforced Concrete Design, Harper & Row, 1985)

Untuk menjamin bahwa pola keruntuhan secara daktail dapat tercapai, maka diadakanlah batasan maksimum rasio tulangan sebesar 0,75 dari tulangan keadaan regangan berimbang ($\rho_b = \rho_{Balance}$).

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b, \text{ dimana } \rho_b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \beta \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Tulangan minimum dari komponen struktur lentur seperti yang diisyaratkan pada SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.5 butir 1 dan 2 yaitu sebagai berikut:

1. Pada setiap penampang dari suatu komponen struktur lentur, kecuali seperti yang ditetapkan pada ayat 3.3.5 butir 2 dan 3, dimana berdasarkan analisis diperlukan tulangan positif, rasio ρ yang ada tidak boleh kurang dari:

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

pada balok T dan balok rusuk dimana bagian badan balok mengalami tarik, maka ρ harus dihitung berdasarkan lebar badan balok:

2. Sebagai alternatif, luas tulangan yang diperlukan pada setiap penampang, positif atau negatif, paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan berdasarkan analisis.

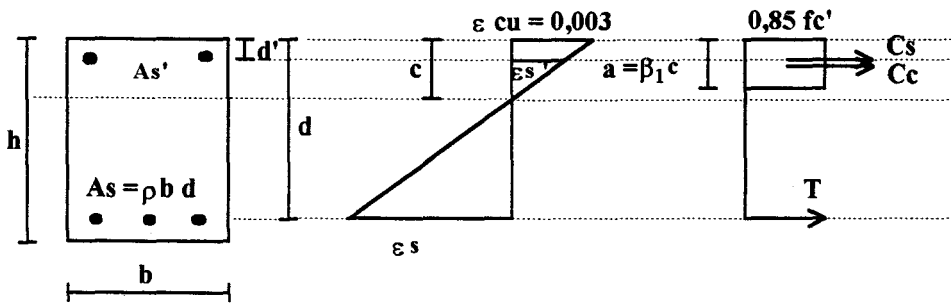
Jika tulangan terpasang lebih kecil dari tulangan minimum yang disyaratkan, maka pada saat tercapainya kekuatan nominal dari suatu komponen struktur beton, otomatis tegangan tekan yang terjadi pada beton sangat kecil dibandingkan dengan kekuatan hancur beton sehingga kekuatan beton seolah-olah tidak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

(Chu-Kia Wang, C.G. Salmon, Reinforced Concrete Design, Harper & Row, 1985)

♦ Balok Dengan Penampang Persegi Empat

Penulangan lentur balok anak direncanakan menggunakan tulangan rangkap yaitu penampang yang mempunyai penulangan di daerah tarik dan tekan. Hal ini untuk mencegah terjadinya keruntuhan tiba-tiba karena hancurnya beton pada daerah tekan yang disebabkan baja tulangan pada daerah tarik tidak mencapai batas leleh akibat pembebanan. Selain itu, penggunaan tulangan tekan adalah untuk mengurangi lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut.

- Kuat lentur penampang persegi empat dengan tulangan rangkap



Gambar 4.10 Penampang balok persegi empat dengan tulangan rangkap

♦ Berdasarkan keseimbangan gaya didapat:

$$T = C_c + C_s$$

dimana:

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \\ C_s &= A_s' \cdot f_s' \end{aligned}$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a + A_s' \cdot f_s'$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s'}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

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

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

♦ Mencari nilai f_s'

$$\epsilon_s' = 0,003 \cdot \frac{c - d'}{c}$$

$$\epsilon_s' = f_s'.E_s$$

$$\Leftrightarrow f_s'.E_s = 0,003 \frac{c - d'}{c}$$

$$f_s' = E_s \cdot 0,003 \left(1 - \frac{0,85 \cdot d'}{a} \right)$$

$$= 600 \left(1 - \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d'}{A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s'} \right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{f_s'}{600} = 1 - \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d'}{A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s'}$$

$$(A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s') \left(1 - \frac{f_s'}{600} \right) = 0,85^2 \cdot f_c' \cdot b \cdot d'$$

$$A_s \cdot f_y - A_s \cdot f_y \cdot \frac{f_s'}{600} - A_s' \cdot f_s' + A_s' \cdot f_s' \cdot \frac{f_s'}{600} = 0,85^2 \cdot f_c' \cdot b \cdot d'$$

$$\frac{A_s'}{600} \cdot f_s'^2 - \left(\frac{A_s \cdot f_y}{600} + A_s' \right) f_s' + (A_s \cdot f_y - 0,85^2 \cdot f_c' \cdot b \cdot d') = 0$$

persamaan diatas dapat diselesaikan dengan rumus abc, sebagai berikut:

$$f_{s',2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

dimana:

$$f_s' \leq 320 \text{ Mpa}$$

$$a = \frac{A_s'}{600}$$

$$b = \frac{A_s \cdot f_y}{600} + A_s'$$

$$c = A_s \cdot f_y - 0,85^2 \cdot f_c' \cdot b \cdot d'$$

adapun:

$$Mu = \phi \left\{ (A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s') \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \cdot f_s' (d - d') \right\}$$

Luas tulangan tarik pada penampang persegi yang dinyatakan dengan ρ

dibatasi oleh nilai ρ_{\min} dan ρ_{\max} , dimana:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

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

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

dimana ρ_b untuk penampang persegi dengan tulangan rangkap dinyatakan

sebagai:

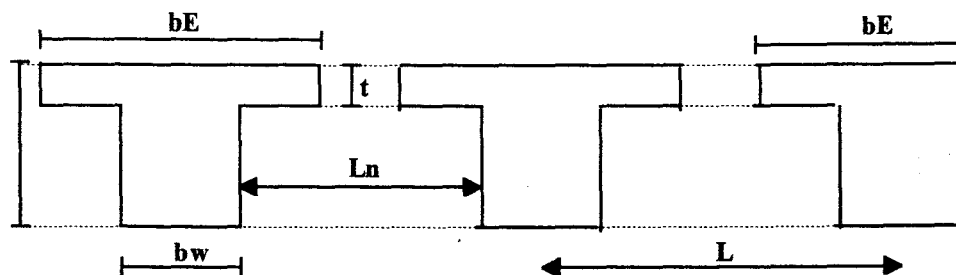
$$\rho_b = b_1 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} + \rho' \cdot \frac{f_s'}{f_y}$$

♦ Balok Penampang T

Bentuk balok T diperoleh dari pengecoran monolit antara balok dan pelat pada sisi atasnya atau harus diusahakan agar didapat lekatan yang efektif diantara keduanya. Sehingga penulangan lentur pada daerah momen positif balok (lapangan) apabila balok dicor monolit dengan pelat adalah memakai prosedur disain balok T. Sedangkan pada daerah momen negatif, balok tetap dianggap sebagai balok berpenampang persegi karena daerah tekan tekan berada sepenuhnya pada badan balok tanpa pengaruh flens.

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.1.10 butir 1 dan 2, maka ketentuan lebar flens pada penampang balok T adalah sebagai berikut:

1. Untuk balok interior/balok T (pelat pada kedua sisi) dipilih nilai terkecil dari:
 - a. $bE \leq 1/4.L$
 - b. $bE \leq bw + 16.t$
 - c. $bE \leq bw + Ln$
2. Untuk balok ixterior/balok L (pelat hanya pada satu sisi) dipilih nilai terkecil dari:
 - a. $bE \leq bw + 1/2.L$
 - b. $bE \leq bw + 6.t$
 - c. $bE \leq bw + 1/2.Ln$



Gambar 4.11 Lebar efektif balok T bagian dalam dan balok T bagian luar

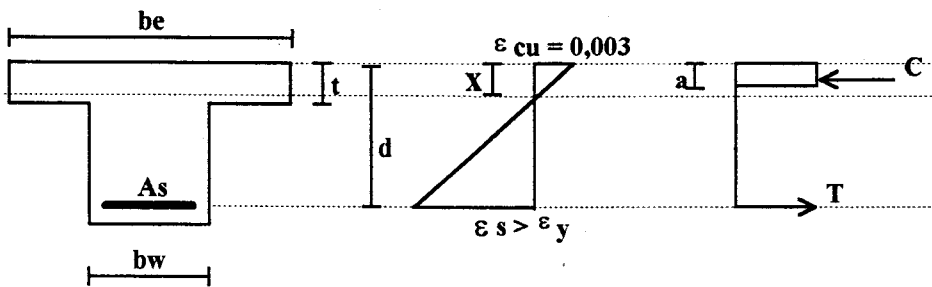
Untuk perhitungan kekuatan nominal dari balok T harus diperiksa dahulu tinggi daerah tekan yang mengenai flens penampang T:

$$a = \frac{As f_y}{0,85 f_c' b_w}$$

- a. bila tinggi a dari dari blok tegangan persegi adalah sama atau lebih kecil dari t (tinggi flens) maka balok T dihitung sama dengan balok empat persegi panjang dengan lebar bE. Kondisi seperti diatas sering disebut **balok T palsu**.

$$M_n = As.F_y (d - a/2)$$

$$As = \frac{M_u}{\phi (d - a/2) f_y}$$



Gambar 4.12 Balok dengan penampang T palsu

- b. bila tinggi a dari blok tegangan persegi lebih besar dari t maka kekuatan nominal dihitung secara prosedur balok T murni

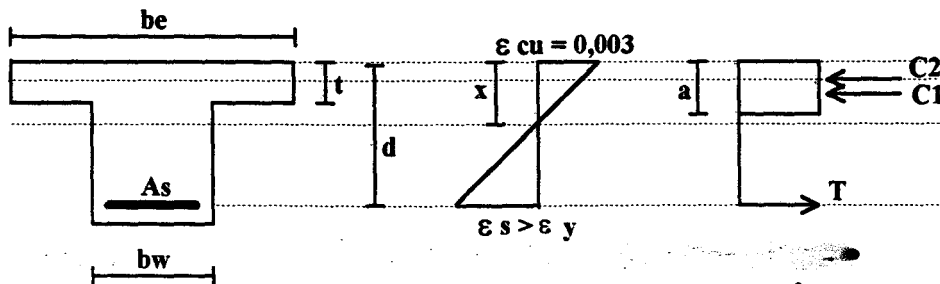
$$M_n = C_1.(d - a/2) + C_2.(d - t/2)$$

dimana:

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

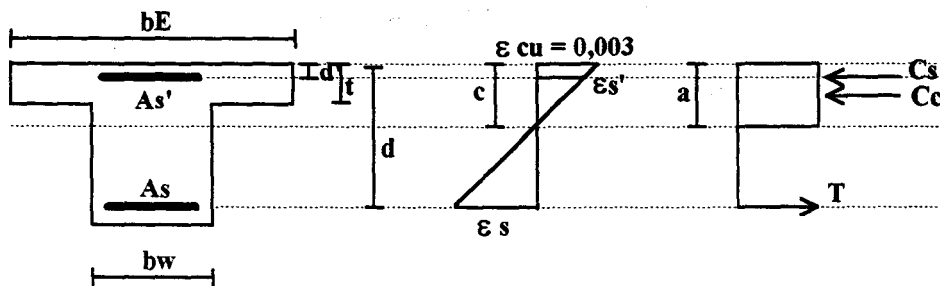
$$C_2 = 0,85.f_c'.(b_E - b_w).t$$

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



Gambar 4.13 Balok dengan penampang T murni

- Kuat lentur penampang T dan L dengan tulangan rangkap



Gambar 4.14 Penampang balok T dengan tulangan rangkap

♦ dari keseimbangan gaya didapat

$$T = C_c + C_s \quad \dots\dots (a)$$

dimana:

$$T = A_s \cdot f_y \quad \dots\dots (b)$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s' \quad \dots\dots (c)$$

$$C_c = C_{c1} + C_{c2} \quad \dots\dots (d)$$

$$C_{c1} = 0,85 \cdot f_c' \cdot bE \cdot t \quad \dots\dots (e)$$

$$C_{c2} = 0,85 \cdot f_c' \cdot bw \cdot (a - t) \quad \dots\dots (f)$$

$$a = \beta_1 \cdot c \quad \dots\dots (g)$$

$$f_s' = E_s \cdot \epsilon_s' \quad \dots\dots (h)$$

$$\epsilon_s' = 0,003 \cdot \frac{c - d'}{c} \quad \dots\dots (i)$$

dengan memasukkan persamaan (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h), dan (i)

ke dalam persamaan (a) akan didapat persamaan sebagai berikut:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s'}{0,85 \cdot f_c' \cdot bw} - \frac{bE \cdot t}{bw} + t$$

jika $a \leq t$ maka balok anak tersebut adalah balok T palsu

perhitungan untuk balok T palsu sama dengan balok persegi dengan memasukkan nilai $b_w = bE$.

nilai f_s' didapatkan dari persamaan kwadrat berikut:

$$As'fs'^2 - \{Asfy - 0,85fc't(bE - bw) + 600As\} + 600 \left[Asfy - 0,85^2fc'bwd' + t(bE - bw) \right]$$

$$Mu = \phi \left[0,85 \cdot fc' \left\{ bw \cdot a \left(d - \frac{a}{2} \right) + t(bE - bw) \left(d - \frac{t}{2} \right) \right\} + As' \cdot fs' (d - d') \right]$$

Luas tulangan tarik pada penampang persegi yang dinyatakan dengan ρ

dibatasi oleh nilai ρ_{min} dan ρ_{max} , dimana:

$$\rho = \frac{As}{bw \cdot d}$$

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

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

dimana ρ_b untuk penampang T dengan tulangan rangkap dinyatakan sebagai

berikut:

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot fc' \cdot t \left(\frac{t}{\beta_1} \cdot \frac{600}{600 + fy} + \frac{bEa}{bw} - 1 \right) a}{fy \left\{ d + t \left(\frac{bE}{bw} - 1 \right) \right\}} + \rho' \cdot \frac{fs'}{fy}$$

♦ Contoh perhitungan balok anak

Sebagai contoh penulangan lentur balok anak, diambil balok anak lantai

atap type ba4 :

tinggi balok (h) = 30 cm

lebar balok (b) = 20 cm

bentang (lu) = 5,7 m

beton deking = 4 cm

senggang = $\theta 10$

tulangan utama = D.19

$$\text{mutu beton (fc')} = 24,606 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 320 \text{ MPa}$$

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

- Perhitungan Momen dan Gaya Lintang (PBI '71)

$$q_u = 1813,159 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_{\text{tump}} &= -1/16 q_u L_n^2 \\ &= -1/16 (1813,159) (5,7)^2 \\ &= -3681,84505 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu}_{\text{lap}} &= 1/11 q_u L_n^2 \\ &= 1/12 (1813,159) (5,7)^2 \\ &= 5355,41098 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vu}_{\text{tump}} &= 1/2 q_u L_n \\ &= 1/2 (1813,159) (5,7) \\ &= 5168 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Vu}_{\text{lap}} = 0 \text{ (Nol)}$$

- Perhitungan Penulangan Lentur

♦ Pada Tumpuan

$$\text{Mu} = -3681,84505 \text{ kgm}$$

$$d = 300 - 40 - 10 - 19/2 = 240,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + 19/2 = 59,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= \frac{(1 - \delta) \text{Mu}}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,5) 36818450,5}{0,8 (200) (240,5)^2} \\ &= 1,98923 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho - \rho' &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right] \\ &= \frac{0,85 (24,606)}{320} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 (1,98923)}{0,85 (24,606)}} \right] \\ &= 0,00654 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{\delta M_u}{\phi f_y (d - d') b d} \\ &= \frac{0,5 (36818450,5)}{0,8 (320) (240,5 - 59,5) (200) (240,5)} \\ &= 0,00826 \end{aligned}$$

$$\rho = (\rho - \rho') + \rho' = 0,0148$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{ada}} < \rho_{\max}$$

$$A_s = \rho b d = 0,0148 (200) (240,5) = 7,1206 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 3D19 ($A_s = 8,52 \text{ cm}^2$)

$$A_s' = 0,5 A_s = 0,4 (5,6917) = 2,8458 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 2D19 ($A_s' = 5,63 \text{ cm}^2$)

Catatan : luas tulangan ini nantinya akan ditambah dengan luas tulangan memanjang akibat torsi (A_l)

Kontrol momen:

$$\frac{A_s'}{600} \cdot f_s'^2 - \left(\frac{A_s \cdot f_y}{600} + A_s' \right) f_s' + (A_s \cdot f_y - 0,85^2 \cdot f_c' \cdot b \cdot d') = 0$$

persamaan diatas dapat diselesaikan dengan rumus abc, sebagai berikut:

$$f_{s'1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

dimana:

$$f_s' \leq 320 \text{ Mpa}$$

$$a = \frac{A_s'}{600} = \frac{563}{600} = 0,938$$

$$b = - \left(\frac{A_s \cdot f_y}{600} + A_s' \right) = - \left(\frac{852 \cdot 320}{600} + 563 \right) = 108,6$$

$$\begin{aligned} c &= A_s \cdot f_y - 0,85^2 \cdot f_c' \cdot b \cdot d' = 852 \cdot 320 - 0,85^2 \cdot 24,606 \cdot 200 \cdot 59,5 \\ &= - 211283,5965 \end{aligned}$$

sehingga: $fs'_1 = 420,23$
 $fs'_2 = - 536,01$

diambil $fs' = 320$ Mpa (tulangan tekan mencapai leleh)

$$a = \frac{As \cdot fy - As' \cdot fs'}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{852 \cdot 320 - 563 \cdot 320}{0,85 \cdot 24,606 \cdot 200} = 21,6788 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi \left\{ (As \cdot fy - As' \cdot fs') \left(d - \frac{a}{2} \right) + As' \cdot fs' (d - d') \right\}$$

$$= 0,85 \left\{ (852 \cdot 320 - 563 \cdot 320) \left(290,5 - \frac{21,67}{2} \right) + 563 \cdot 320 (240,5 - 59,5) \right\}$$

$$= 42922938,2 > 36818450,5 \text{ Mpa (OK !)}$$

♦ Pada Lapangan

$$Mu = 5355,41098 \text{ kgm}$$

$$d = 300 - 40 - 10 - 19/2 = 240,5 \text{ mm}$$

$$be = L/4 = 330/4 = 82,5 \text{ cm atau,}$$

$$= bw + 16t = 20 + 16 (15) = 180 \text{ cm atau,}$$

$$= bw + Ln/2 = 20 + 295/2 = 167,5 \text{ cm}$$

be menentukan = 82,5 cm

$$Rn = \frac{(1 - \delta) Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,5) 53554109,8}{0,8 (200) (240,5)^2}$$

$$= 2,89343 \text{ Mpa}$$

$$\rho - \rho' = \frac{0,85 fc'}{fy} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0,85 fc'}} \right]$$

$$= \frac{0,85 (24,606)}{320} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 (2,89343)}{0,85 (24,606)}} \right]$$

$$= 0,00977$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi fy (d - d') b d}$$

$$= \frac{0,5 (53554109,8)}{0,8 (320) (240,5 - 59,5) (200) (240,5)}$$

$$= 0,01201$$

$$\rho = (\rho - \rho') + \rho' = 0,02179$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{ada}} < \rho_{\max}$$

$$A_s = 0,02179 (200) (240.5) = 10,479 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 4D19 ($A_s = 11,36 \text{ cm}^2$)

$$A_s' = 0,5 A_s = 0,5 (10,479) = 5,2397 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 2D19 ($A_s' = 5,63 \text{ cm}^2$)

Catatan : luas tulangan ini nantinya akan ditambah dengan luas tulangan memanjang akibat torsi (A_t).

Kontrol balok T

$$A_s' f_s'^2 - \{ A_s f_y - 0,85 f_c' t (bE - bw) + 600 A_s \} + 600 [A_s f_y - 0,85^2 f_c' b w d' + t (bE - bw)]$$

persamaan diatas dapat diselesaikan dengan rumus abc maka didapat:

$$f_s'_1 = 372,1$$

$$f_s'_2 = -1673,497$$

diambil $f_s' = 320$ (tulangan tekan mencapai leleh)

$$a = \frac{A_s f_y - A_s' f_s'}{0,85 f_c' bw} - \frac{b E t}{bw} + t = 20,3 \text{ mm} < 100 \text{ mm, kategori balok T}$$

palsu

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \left[0,85 f_c' \left\{ bw a \left(d - \frac{a}{2} \right) + t (bE - bw) \left(d - \frac{t}{2} \right) \right\} + A_s' f_s' (d - d') \right] \\ &= 58011293,3 > 53554109,8 \text{ Mpa (OK !)} \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk hasil perhitungan penulangan lentur balok anak yang lain dapat dilihat pada tabel perhitungan penulangan lentur balok anak.

4.2.2.2 Penulangan Geser Dan Torsi

Desain pada suatu penampang beton yang menerima geser harus didasarkan pada :

$$V_u \leq \phi V_n \quad \text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.1 - 1}$$

dimana :

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

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:

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c'} bw d \quad \text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.3 - 1}$$

- Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial:

$$V_c = \left[1 + \frac{Nu^*}{14 Ag} \right] \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} bw d$$

SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.3 - 2

- ♦ besaran Nu/Ag dalam MPa

- Untuk komponen struktur yang dibebani gaya tarik aksial yang cukup besar:

$$V_c = 0 \text{ (nol)}$$

SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.3 - 3

♦ **Kategori Desain Penulangan Geser dan Lentur**

Kategori desain kekuatan geser dan lentur saja menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah sebagai berikut:

1. Jika $V_u \leq 1/2 \phi V_c$, maka tulangan geser tidak diperlukan dan hanya dipasang praktis.

SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.5 - 5

2. Jika $1/2 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c + \phi V_{s_{min}}$, maka hanya dipasang tulangan geser minimum saja, dimana:

$$\phi V_{s_{min}} = \phi 1/3 b_w d ; A_v = \frac{b_w s}{3 f_y}$$

SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.5 - 5.3

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

$$A_v = \frac{(V_u - \phi V_c) s}{f_y d} \quad \text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.5 -6.2}$$

♦ **Desain Penulangan Torsi**

Pada perencanaan balok anak ini, torsi relatif kecil sehingga tulangan torsi hanya dipasang minimum dengan :

♦ Tulangan Melintang (senggang)

$$1. A_v = \frac{b_w s}{3 f_y} , \text{ bila } T_u < \phi \left[\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{20} \right) \Sigma x^2 y \right]$$

SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.5 - 5.3

$$2. A_v + 2A_t = \frac{b_w s}{3 f_y} , \text{ bila } T_u > \phi \left[\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{20} \right) \Sigma x^2 y \right]$$

SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.4.5 - 5.5

A_v harus dianggap sama dengan 0 (Nol) karena tulangan geser dihitung secara tersendiri.

dimana: A_t merupakan luas satu kaki sengkang tertutup dalam daerah sejarak s yang menahan torsi.

Tulangan melintang ini dapat diabaikan bila perhitungan luas tulangan geser lebih besar atau sama dengan luas tulangan geser minimum.

♦ Tulangan Memanjang (Longitudinal)

$$A_l = 2A_t \left[\frac{x_1 + y_1}{s} \right] \quad \text{SK SNI t-15-1991-03 pasal 3.4.6 -}$$

9.3

Dengan mendistribusikan $2A_t = \frac{b_w s}{3 f_y}$ ke dalam persamaan di atas maka didapat :

$$A_l = \frac{b_w}{3 f_y} (x_1 + y_1)$$

dimana :

- x_1 = jarak pusat ke pusat terpendek dari suatu sengkang tertutup

- y_1 = jarak pusat ke pusat terpanjang dari suatu sengkang tertutup

Tulangan longitudinal ini dikombinasikan dengan tulangan memanjang lainnya.

♦ **Contoh perhitungan penulangan geser**

Sebagai contoh perhitungan penulangan geser dan torsi diambil balok lantai atap type ba4 pada daerah tumpuan, sebagai kelanjutan perhitungan penulangan lentur sebelumnya.

$$V_u = 51680 \text{ N}$$

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

$$A_v \text{ ada} = 2 \pi/4 10^2 = 157,1 \text{ mm}^2$$

♦ **Penulangan Geser**

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi 1/6 \sqrt{f_c'} b_w d \\ &= 0,6 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{24,606} \cdot 200 \cdot 240,5 \\ &= 23862 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u_{cr}} &= 51680 (2,85 - (0,2405 + (0,5/2))) / 2,85 \\ &= 44595 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_{s_{min}} &= \phi 1/3 b_w d \\ &= 0,6 (1/3) (200) (240,5) \\ &= 9620 \text{ N} \end{aligned}$$

Kategori desain:

$$V_u > \phi V_c + \phi V_{s_{min}} \text{ (perlu tulangan geser)}$$

- Gaya Geser yang Harus Diterima oleh Tulangan Geser

$$\begin{aligned} \phi V_{s_{perlu}} &= V_{u_{cr}} - \phi V_c \\ &= 44595 - 23862 \\ &= 20730 \text{ N} \end{aligned}$$

- Jarak Tulangan Geser Perlu

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_v 3 f_y}{b_w} = \frac{2 (157,1) (3) (320)}{200} \\ &= 754,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jarak Maksimum Tulangan Geser

$$s < d/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$s < 240,5/2 \leq 600 \text{ mm}$$

$$s < 120,25 \leq 600 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 12-100 \text{ cm}$

♦ Penulangan Torsi Melintang

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{(V_{u_{cr}} - \phi V_c) s}{f_y d} \\ &= \frac{(20730) 100}{(320) 240,5} \\ &= 26,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{v_{tersedia}} = 157,1 \text{ mm}^2 \text{ (ok)} \rightarrow \text{diabaikan !}$$

♦ Kebutuhan Tulangan Torsi Memanjang

$$x_1 = 200 - 2(40) - 10 = 110 \text{ mm}$$

$$y_1 = 300 - 2(40) - 10 = 210 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{b_w}{3 f_y} (x_1 + y_1) \\ &= \frac{200}{3(320)} (110 + 210) = 0,6666 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

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

Masing-masing sisi dipasang $1/3 A_l = 0,6666/3 = 0,2222 \text{ cm}^2$

Desain Akhir Balok (tumpuan)

- Tulangan Atas

$$A_{s_{total}} = A_{s_{lentur}} + A_I$$

$$= 7,1206 + 0,2222 = 7,3428 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 3D19 ($A_s = 8,52 \text{ cm}^2$)

- Tulangan Tengah

$$A_{s_{perlu}} = A_I = 0,2222 \text{ cm}^2$$

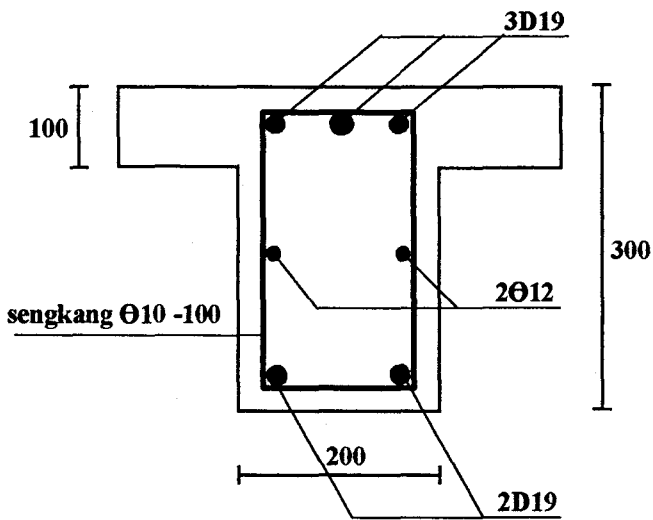
Dipasang tulangan praktis 2Ø12 ($A_s = 2,26 \text{ cm}^2$)

- Tulangan Bawah

$$A_{s'_{total}} = A_{s'} + A_I$$

$$= 3,5603 + 0,2222 = 3,7825 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 2D19 ($A_s = 5,63 \text{ cm}^2$)



Gambar 4.15 Penulangan balok anak

Untuk penulangan geser dan torsi balok anak lainnya dapat dilihat pada tabel Penulangan torsi minimum dan geser balok anak.

4.2.2.3 Kontrol Lendutan

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

Karena tinggi balok yang ada lebih besar dari tinggi minimum balok yang diisyaratkan, sehingga lendutan tidak perlu dihitung.

4.2.2.4 Kontrol Retak

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

$$z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \quad \text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.6 - 4}$$

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

◆ Balok dalam ruangan

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

dimana :

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

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

$$A = 2 d_c b_w / \text{jumlah tulangan}$$

$$= 2 (59,5) (200) / 2 = 11900 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 z &= f_s \sqrt[3]{dc A} \\
 &= 192 \sqrt[3]{59,5(11900)} \\
 &= 16,094 \text{ MN/m} < 25 \text{ MN/m (ok)}
 \end{aligned}$$

Jadi retak pada beton tidak perlu diperiksa.

4.2.2.5 Panjang Penyaluran

Penulangan memanjang dan penulangan geser sepanjang balok tidak akan berfungsi jika tidak terjadi kerjasama antara baja tulangan dan beton. Tulangan dapat dianggap berperan dalam suatu struktur beton bertulang jika terjadi aksi lekatan antar baja tulangan dan beton di sekelilingnya.

Lekatan antara baja tulangan dan beton ini harus cukup untuk mengembangkan kapasitas tarik atau kapasitas tekan dari baja tulangan hingga mencapai tegangan lelehnya tanpa terjadi slip. Apabila terjadi slip di bawah 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 SK SNI T-15-1991-03 91 pasal 3.5.

a. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Panjang penyaluran dasar tulangan tarik untuk baja tulangan deform

D19 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 l_{db} &= 0,02 A_b f_y / \sqrt{f_c'} && \text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.5.2 - 2} \\
 &= 0,02 (284) (320) / \sqrt{24,61} = 366,389 \text{ mm} \approx 37 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} l_{db} &= 0,06 d_b f_y \\ &= 0,06 (19) (320) \\ &= 364,8 \text{ mm} \approx 37 \text{ cm} \end{aligned}$$

akibat topbar effect (letak tulangan atas $\geq 300 \text{ mm}$)

$$\begin{aligned} l_d &= 1,4 l_{db} \\ &= 1,4 (366,389) \\ &= 512,945 \text{ mm} \approx 52 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

Panjang penyaluran dasar untuk tulangan D19 adalah:

$$\begin{aligned} l_{db} &= \frac{d_b f_y}{4 \sqrt{f_c'}} && \text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.5.3 - 2} \\ &= \frac{19(320)}{4 \sqrt{24,61}} \\ &= 306,399 \text{ mm} \approx 31 \text{ cm} \end{aligned}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} l_{db} &= 0,04 d_b f_y \\ &= 0,04 (19) (320) \\ &= 243,2 \text{ mm} \approx 25 \text{ cm (ok)} \end{aligned}$$

c. Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Panjang penyaluran dasar kait standar (hook) dari tulangan D19 adalah:

$$\begin{aligned} l_{hb} &= 100 d_b / \sqrt{f_c'} && \text{SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.5.5 - 2} \\ &= 100 (19) / \sqrt{24,61} \\ &= 382,9 \text{ mm} \approx 39 \text{ cm} \end{aligned}$$

akibat mutu baja tidak sama dengan 400 MPa :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= l_{hb} \left(\frac{f_y}{400} \right) \\ &= 383 \left(\frac{320}{400} \right) = 306,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}l_{dh} &= 8 d_b \\ &= 8 (19) = 152 \text{ mm} \approx 16 \text{ cm (ok)}\end{aligned}$$

d. Panjang Penyaluran dari Tulangan Momen Positif

Menurut SK SNI T-15-1991-03 pas 3.5.11, paling sedikit sepertiga dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang tertumpu pada dua tumpuan dan seperempat dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang menerus harus diteruskan ke dalam tumpuan paling sedikit sepanjang:

- 150 mm = 15 cm
- $d = 240,5 \text{ mm} \approx 24,05 \text{ cm}$ (menentukan)
- $12 d_b = 12 (19) = 228 \text{ mm} \approx 23 \text{ cm}$

e. Panjang Penyaluran dari Tulangan Momen Negatif

Menurut SK SNI T-15-1991-03 pas 3.5.12, sepertiga dari tulangan tarik pada momen negatif diteruskan pada jarak terbesar antara :

- $d = 240,5 \text{ mm} \approx 24,05 \text{ cm}$
- $12 d_b = 12 (19) = 228 \text{ mm} \approx 23 \text{ cm}$
- $L_n/16 = 570/16 = 35,625 \text{ cm}$ (menentukan)

BAB V

ANALISA STRUKTUR UTAMA

5.1 UMUM

Untuk menganalisa struktur tersedia beberapa software (paket program komputer). Diantaranya yang cukup populer adalah SAP90 dan ETABS. SAP90 dapat dipakai untuk menganalisa semua jenis struktur, sedangkan ETABS khusus digunakan untuk menganalisa struktur gedung (building).

Dalam menganalisa struktur gedung Hotel Sahid Solo pada tugas akhir ini dipakai ETABS. Salah satu yang mendasari pemakaian program ini adalah untuk lebih mengenal dan mendalami pemakaian ETABS sebagai sarana bantu yang nantinya akan banyak memberikan manfaat.

Struktur utama pada gedung ini yang terdiri dari balok induk, kolom dan dinding geser direncanakan untuk menerima beban gravitasi dan beban lateral akibat gempa. Adapun balok anak beserta beban yang dipikulnya dianggap membebani balok induk, sehingga pada bentang balok induk akan terdapat beban terpusat yang berasal dari balok anak ini.

5.2 BEBERAPA PENGERTIAN DALAM SOFTWARE ETABS

Sebagaimana telah disinggung diatas bahwa ETABS khusus dipakai untuk menganalisa struktur gedung, maka pada bagian ini akan dicoba menerangkan beberapa pengertian yang harus dipahami lebih dahulu sebelum memasukkan input data perencanaan struktur (lebih detail dapat dipelajari pada ETABS Three Dimensional Analysis of Building System, Ashraf Habibullah, 1984), Beberapa pengertian tersebut adalah:

- ETABS memandang suatu sistem struktur bangunan sebagai suatu rakitan dari berbagai elemen frame yang dihubungkan oleh lantai horisontal pada tiap level. Elemen frame bisa berupa rangka bidang (dua dimensi), maupun rangka ruang (tiga dimensi). Elemen frame biasanya terdiri dari kolom dan dinding geser yang vertikal, balok yang horisontal dan batang diagonal (brace).
- Rangka horisontal pada setiap level dimodelkan sebagai suatu diafragma dengan kekakuan yang tak terhingga dalam arah lateral (bidang X-Y). Lantai diafragma ini mengikat semua column line yang terdapat dalam frame pada level lantai yang bersangkutan. Dengan demikian sebuah column line yang terdapat pada semua frame tidak dapat berpindah secara independen dari yang lainnya (dalam arah X, Y dan Z).
- Harus ditentukan adanya satu titik dalam struktur dengan letak sebarang sebagai titik acuan global. Titik ini merupakan titik pangkal dari sumbu X, Y global yang berlaku untuk setiap tingkat/level dalam frame. Semua data frame (column line) ditentukan terhadap titik ini.

- Struktur bisa terdiri dari beberapa frame yang terletak pada lokasi yang berbeda dalam denah struktur. Untuk frame yang mempunyai bentuk geometri dan pembebanan yang sama cukup disiapkan sekali. Dengan kata lain, satu set data frame diperuntukan bagi setiap frame yang berbeda dalam struktur. Masing-masing frame yang berbeda tersebut ditentukan lokasinya dalam denah struktur melalui data lokasi frame.
- Perlu dipahami perbedaan antara Load Condition dan Load Case. Load Condition adalah beban-beban yang masing-masing berdiri sendiri, seperti beban vertikal (terdapat tiga kondisi), beban lateral (terdapat dua kondisi) dan beban dinamis (terdapat tiga kondisi). Sedangkan Load Case adalah kombinasi linier dari beberapa load condition yang independen. Terdapat maksimum 6 (enam) Load Case dalam tiap input data.
- Analisa struktur yang didasarkan atas geometri batang dari as ke as pada umumnya memperhitungkan lendutan yang berlebihan. Untuk disain struktur akan lebih menguntungkan bila gaya-gaya dalam yang dihasilkan oleh perhitungan program terletak pada permukaan perletakan (diluar daerah rigid offset). Rigid Offset adalah jarak dari titik kumpul (joint) ke permukaan perletakan. Dengan demikian perumusan kekakuan balok dan kolom menganggap bahwa tidak terjadi deformasi di dalam daerah rigid offset dan semua gaya dalam yang dihasilkan berada di luar daerah rigid offset.

5.3 DATA SATUAN DAN MATERIAL YANG DIPAKAI

Seluruh satuan yang dipakai dalam analisa struktur utama ini adalah:

- kg (kilo gram) : dimensi gaya
- m (meter) : dimensi panjang
- dt (detik) : dimensi waktu

Material yang dipakai dalam struktur utama gedung ini adalah:

- jenis bahan : beton bertulang
- berat volume : 2400 kg/m^3
- mutu beton : $f_c' = 24,606 \text{ Mpa} = 2,4 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^2$
 $E_{\text{beton}} = 4700 \sqrt{24,606} = 23314,08 \text{ Mpa}$
 $= 2,331408 \cdot 10^9 \text{ kg/m}^2$
- mutu tulangan : $f_y = 320 \text{ Mpa} = 3,2 \cdot 10^7 \text{ kg/m}^2$

5.4 PERHITUNGAN MASSA LANTAI

Data ini diperlukan dalam analisa dinamis dengan metode analisa ragam spektrum respons. Perhitungan total massa lantai akan dilakukan secara otomatis oleh program.

Langkah-langkah perhitungan massa lantai adalah sebagai berikut:

- Bagi luasan lantai menjadi beberapa segmen yang berbentuk persegi panjang
- Tentukan panjang, lebar dan titik berat dari masing-masing segmen terhadap titik acuan global
- hitung massa ekuivalen lantai persatuan luas (q_{eq}) untuk masing-masing segmen, dimana:

$$q_{eq} = \frac{\text{massa total tiap segmen}}{\text{luas tiap segmen}}$$

5.5 PEMBEBANAN STRUKTUR UTAMA

Perhitungan pembebanan pada frame tergantung dari pembebanan untuk unsur-unsur sekunder. seluruh beban vertikal harus dimasukkan dari pembebanan bentang balok, termasuk beban pada joint. Beban yang dimasukkan disini adalah semua beban luar yang bekerja. Berat sendiri elemen struktur (kolom, balok, panel dan elemen lainnya) akan dihitung secara otomatis oleh program.

Pembebanan bentang pada balok utama (beam span loading pattern) ditentukan dari analisa grid yang dikerjakan sebelumnya. Balok anak dan lantai yang terdapat pada panel akan dimasukkan sebagai beban terpusat pada ujung-ujung panel.

5.6 DATA RAGAM SPEKTRUM RESPONS

Analisa dinamis dalam perencanaan ini mempergunakan data ragam spektrum respons berdasarkan PPTGIUG '83.

Variabel kontrol ICQC pada ETABS dipakai SRSS karena kombinasi ragam spektrum secara keseluruhan dengan cara ini dinyatakan dengan sederhana, dan dipakai secara luas.

Data respon spektrum diambil dari Gambar 3.3 PPTGIUG '83 untuk wilayah gempa 4 dengan kondisi tanah lunak. Arah gempa/eksitasi diambil searah X dan Y global. Harga C yang diperoleh adalah harga tanpa dimensi. Jadi respon masing-masing ragam yang ditentukan tersebut adalah respon relatif. Oleh karena

itu dipergunakan faktor skala $S = 9,81 \text{ m/dt}^2$ dengan koefisien redaman sebesar 5%.

5.7 KOMBINASI PEMBEBANAN

Beban-beban yang bekerja pada struktur utama meliputi:

- Beban mati (D), yang terdiri dari beban mati pelat, balok anak, tangga, tembok dan berat sendiri elemen struktur utama.
- Beban hidup (L), yang terdiri dari beban hidup pelat dan tangga.
- Beban Gempa (E), dianalisa dengan analisa ragam spektrum respons.

Kondisi pembebanan yang disediakan oleh program meliputi:

- 3 (tiga) macam pembebanan statis vertikal
- 2 (dua) macam pembebanan statis lateral
- 3 (tiga) macam kondisi pembebanan dinamis

Kombinasi pembebanan yang diperhitungkan didasarkan pada SK SNI T-15-1901-03 pasal 3.2.2 sebagai berikut:

1. Kuat perlu yang menahan beban mati (D) dan beban hidup (L)

$$U = 1,2D + 1,6L$$

2. Kekuatan struktur terhadap beban gempa harus diperhitungkan dengan nilai

$$U = 1,05 (D + L_R + E_o)$$

dimana:

- L_R adalah beban hidup yang telah direduksi sesuai dengan persyaratan PPIUG 1983 tabel 3.3.

- beban gempa (E) di atas harus dikalikan dengan faktor jenis struktur (K) yang sesuai. Untuk tingkat daktilitas dua, nilai $K = 2$.

Dari kombinasi pembebanan tersebut diatas akan diperoleh gaya-gaya dalam setiap elemen, dimana besar gaya dipakai adalah harga maksimum dari hasil kombinasi pembebanan di atas. Beban angin tidak diperhitungkan dalam kombinasi pembebanan karena pengaruhnya sangat kecil dalam struktur.

5.8 KESIMPULAN ANALISA

Berdasarkan perencanaan dan analisa yang telah dilakukan di depan, secara garis besar dapatlah disimpulkan untuk sementara:

1. Beban hidup yang bekerja untuk mendapatkan gaya gempa pada gedung relatif sangat kecil karena harus direduksi sesuai dengan ketentuan PPI 1983. Beban mati yang meliputi beban pada slab dan beban sendiri struktur sangat dominan.
2. Defleksi dinding geser (shear wall) yang berperilaku seperti kantilever mempunyai nilai simpangan yang relatif kecil.
3. Nilai mode shape yang paling maksimum terjadi pada mode 2. Arah mode shape pada struktur portal (pelat dan balok) bergerak kearah sumbu x dan y.
4. Pada saat struktur menahan beban gravitasi, defleksi struktur portal (pelat dan balok) relatif besar, sedangkan pada saat menahan beban lateral (beban gempa) defleksi struktur portal ini relatif kecil, hal ini disebabkan karena adanya balok-balok penumpu, sistem bracing dan shear wall.

5. Tingkah laku struktur pada saat menerima beban lateral (beban gempa) dapat disimpulkan bahwa elemen horisontal lebih kaku daripada elemen-elemen vertikal. Dalam keadaan ini pelat benar-benar berfungsi sebagai pelat diafragma. Sedangkan pada saat menerima beban gravitasi, elemen-elemen vertikal lebih kaku dari pada elemen-elemen horisontal. Dalam kondisi ini pelat berfungsi sebagai pelat lentur.
6. Pada struktur portal (pelat dan balok), momen arah memendek/arah x lebih besar daripada momen arah memanjang/arah y .
7. Torsi yang terjadi pada balok-balok tepi relatif lebih besar daripada balok-balok dalam.

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

6.1 PERENCANAAN BALOK INDUK

Komponen struktur ini diproporsikan untuk menahan lentur dan gaya geser. Perencanaan balok induk ini meliputi perencanaan penulangan lentur, penulangan geser-torsi dengan ketentuan tingkat daktilitas dua, kontrol lendutan, kontrol retak dan perhitungan panjang penyaluran. Dan gaya-gaya dalam pada perencanaan balok induk didapat dari hasil analisa ETABS.

Dalam merencanakan struktur tingkat daktilitas 2 (dua) harus memenuhi ketentuan dalam SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.14.9:

- Rasio lebar balok terhadap tingginya tidak boleh kurang dari 0,25. *(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 point 1.3.c)*
- Lebar balok tidak boleh kurang dari 200 mm. *(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 point 1.3.d)*
- Untuk tulangan longitudinal, komponen struktur lentur, jumlah rasio tulangan atas maupun bawahnya tidak boleh kurang dari $(1,4 b_w d / f_y)$ dan tidak boleh melampaui $(7 b_w d / f_y)$. Paling tidak harus tersedia 2 batang tulangan menerus pada kedua tulangan atas dan bawah. *(SK SNI T-15-1991 pas 3.14.9 point 3.2.a)*

- Kuat momen positif pada sisi muka dari joint tidak boleh kurang dari $1/2$ kuat momen negatif yang disediakan pada sisi tersebut. Pada sembarang penampang dari komponen struktur tersebut, baik kuat momen positif maupun kuat momen negatifnya tidak boleh kurang dari $1/4$ kuat momen maksimum yang terdapat pada kedua ujung joint. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 point 3.2.b)
- Sambungan lewatan tulangan lentur hanya diperbolehkan jika sepanjang daerah sambungan dipasang sengkang tertutup, dengan jarak maksimum $d/2$ atau 200 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan dalam daerah joint dan dalam jarak setinggi komponen struktur dari muka joint. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 point 3.2.c)

Disamping itu juga harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Kuat leleh rencana tulangan geser tidak boleh lebih dari 400 MPa. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.5 point 2)
- Spasi tulangan geser yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur tidak boleh melebihi $d/2$ untuk struktur non pratekan dan $3/4(h)$ untuk komponen struktur pratekan, atau 600 mm. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.5 point 4.1)
- Sengkang tertutup harus dipasang dalam daerah sepanjang tinggi komponen struktur diukur dari muka komponen struktur pendukung struktur lentur ke tengah bentang. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.3 point 3.1.a)

- Untuk mengembangkan kuat leleh rencana, maka tulangan torsi harus dibuat menerus sejarak d dari serat tekan terluar dan dijangkarkan. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 point 7.5)
- Tulangan torsi harus disediakan minimum sejarak $(bt+d)$ diluar titik teoritis yang diperlukan. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 point 7.6)
- Spasi batang tulangan longitudinal minimal dengan diameter tidak kurang dari $D12$ dan yang disebarakan di sekeliling perimeter sengkang tertutup, tidak boleh lebih dari 300 mm. Paling tidak pada setiap sudut sengkang tertutup harus ditempatkan satu batang tulangan longitudinal. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 point 8.2)

6.1.1 Perhitungan Penulangan Balok Induk

6.1.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok Induk

Prinsip perhitungan untuk penulangan balok induk adalah sama dengan penulangan lentur balok anak.

♦ Contoh perhitungan penulangan lentur balok induk

Sebagai contoh penulangan lentur balok induk, diambil balok induk lantai 1

no: 6

- Pada Tumpuan Kiri (momen negatif)

sengkang = $\theta 12$

tulangan utama = $D25$

b = 400 mm

δ = 0,5

$$Mu = -48455,22 \text{ kgm} = -484552200 \text{ N}$$

$$d = 600 - 40 - 12 - 25/2 = 535,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 12 + 25/2 = 64,5 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{(1 - \delta) Mu}{\phi b d^2} = \frac{(1 - 0,5) 484552200}{0,8 (400) (535,5)^2}$$

$$= 2,6402 \text{ Mpa}$$

$$\rho - \rho' = \frac{0,85 fc'}{fy} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0,85 fc'}} \right]$$

$$= \frac{0,85 (24,606)}{320} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 (2,6402)}{0,85 (24,606)}} \right]$$

$$= 0,00885$$

$$\rho' = \frac{\delta Mu}{\phi fy (d - d') b d}$$

$$= \frac{0,5 (484552200)}{0,8 (320) (535,5 - 64,5) (400) (535,5)}$$

$$= 0,00938$$

$$\rho = (\rho - \rho') + \rho' = 0,01823$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{ada}} < \rho_{\max}$$

$$As = \rho b d = 0,01823 (400) (535,5) = 39,05 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 8D25 ($As = 39,28 \text{ cm}^2$)

$$As' = 0,5 As = 0,5 (39,05) = 19,525 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan 4D25 ($As' = 19,64 \text{ cm}^2$)

Catatan : luas tulangan ini nantinya akan ditambah dengan luas tulangan memanjang akibat torsi (A_t)

Kontrol momen:

$$\frac{As'}{600} fs'^2 - \left(\frac{As \cdot fy}{600} + As' \right) fs' + \left(As \cdot fy - 0,85^2 \cdot fc' \cdot b \cdot d' \right)$$

persamaan diatas dapat diselesaikan dengan rumus abc, sebagai berikut:

$$fs'_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

dimana:

$$f_s' = 320 \text{ Mpa}$$

$$a = \frac{A_s'}{600} = \frac{1964}{600} = 3,273$$

$$b = - \left(\frac{A_s \cdot f_y}{600} + A_s' \right) = - \left(\frac{3928 \cdot 320}{600} + 1964 \right) = -4058,93$$

$$c = A_s \cdot f_y - 0,85^2 \cdot f_c' \cdot b \cdot d' = 3928 \cdot 320 - 0,85^2 \cdot 24,606 \cdot 400 \cdot 64,5 = 798291,857$$

sehingga: $f_{s'1} = 994,996$
 $f_{s'2} = 245,128$

diambil $f_s' = 245,128 \text{ Mpa}$ (tulangan tekan belum leleh)

$$a = \frac{A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s'}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{3928 \cdot 320 - 1964 \cdot 245,128}{0,85 \cdot 24,606 \cdot 400} = 92,699 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi \left\{ (A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s') \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \cdot f_s' (d - d') \right\}$$

$$Mu = 0,85 \left\{ (3928 \cdot 320 - 1964 \cdot 245) \left(535,5 - \frac{92,69}{2} \right) + 1964 \cdot 245 (535,5 - 64,5) \right\}$$

$$= 486905435 > 48452200 \text{ Mpa (OK !)}$$

6.1.1.2 Perhitungan Penulangan Geser Dan Torsi Balok Induk

Penampang persegi yang mengalami kombinasi dari geser, lentur dan torsi harus diperhitungkan terhadap model keruntuhan suatu komponen struktur akibat puntiran, apabila :

$$T_u \leq \phi \left[\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{20} \right) \Sigma x^2 y \right] \dots\dots\dots (SKSNI pas 3.4.6 point 1)$$

dimana, T_u merupakan momen torsi terfaktor pada penampang yang ditinjau.

Kekuatan terhadap momen puntir pada struktur statis tertentu dapat diperoleh dari kondisi kesetimbangan saja. Kondisi demikian memerlukan suatu disain terhadap momen torsi luar rencana penuh karena tidak adanya kemungkinan redistribusi tegangan, dalam hal ini kekakuan struktur tidak diperhitungkan. Keadaan demikian sering disebut sebagai sebagai " Torsi Kesetimbangan".

Pada sistim statis tak tentu, asumsi-asumsi kekakuan dan redistribusi tegangan pada titik-titik kumpul dapat mempengaruhi resultante tegangan, sehingga terjadi reduksi tegangan geser torsional. Dengan demikian boleh saja dilakukan reduksi momen rencana pada disain suatu batang struktural apabila dapat diharapkan terjadinya redistribusi tegangan kebatang-batang lainnya yang bertemu. Keadaan ini dikenal dengan nama "Torsi Kompatibilitas".

Untuk torsi kompatibilitas, apabila terjadi pengurangan dari momen torsi akibat redistribusi gaya-gaya dalam, maka momen torsi terfaktor maksimum dapat direduksi menjadi :

$$T_u = \phi \left[\left(\sqrt{\frac{f_c'}{3}} \right) \frac{\sum x^2 y}{3} \right] \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 point 3})$$

Mengadakan reduksi torsi rencana dalam hal ini pada dasarnya tidak mengakibatkan terjadinya kegagalan pada struktur, tetapi dapat menyebabkan terjadinya retak berlebihan, jika torsi aktual yang terjadi terlalu melebihi harga reduksinya.

□ Kriteria Disain Penulangan Geser dan Torsi

Kategori disain penulangan geser dan torsi, menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah sebagai berikut :

1. Jika $T_u < T_u$ batas, tulangan torsi dapat diabaikan, dan dapat dipasang praktis. (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 point 1)
2. Jika $T_u < T_u$ batas dan $\phi V_c > V_u > 1/2 \phi V_c$, dipasang tulangan geser minimum saja.

$$A_v = \frac{b_w s}{3 f_y} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6.1 / 3.4.5.5.3})$$

3. Jika $T_u < T_u \text{ batas}$ dan $V_u > \phi V_c$, tulangan geser terpasang

$$A_v = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi f_y d} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6.1 / 3.4.5.6.2})$$

4. Jika $T_u > T_u \text{ batas}$ dan $V_u < 1/2 \phi V_c$, dipasang tulangan transversal akibat torsi saja, dan tulangan longitudinal.

$$2 A_t = \frac{b_w s}{3 f_y} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6.9.3 / 3.4.5.5.3})$$

Tulangan longitudinal mengikuti perumusan 3.4-24 dan 3.4-25.

5. Jika $T_u > \phi T_c$, dipasang tulangan transversal akibat torsi dan geser serta tulangan longitudinal.

$$2 A_t + A_v = \frac{b_w s}{3 f_y} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.5.5.3 / 3.4.6.9.3})$$

Tulangan longitudinal mengikuti persamaan 3.4-24 dan 3.4-25.

6. Jika $T_u > 4 T_c$, penampang harus dibesarkan.

$$(\text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6.9.4})$$

□ Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

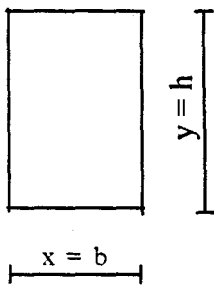
1. Hitung Batas Torsi (T_u) yang tidak memerlukan tulangan torsi (khusus untuk torsi keseimbangan)

$$T_{u_{batas}} = \phi \left[\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{20} \right) \Sigma x^2 y \right] \quad (SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 poin 1)$$

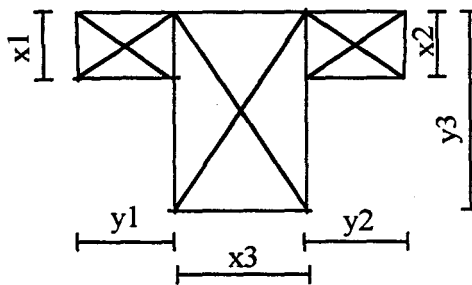
dimana :

$$\phi = 0,6$$

dengan x dan y seperti gambar dibawah ini:



$$\Sigma x^2 y$$



$$\Sigma x^2 y = x_1^2 y_1 + x_2^2 y_2 + x_3^2 y_3$$

2. Hitung kuat nominal torsi yang mampu dipikul beton

$$\phi T_c = \frac{\phi^{1/15} \sqrt{f_c'} \Sigma x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,4 V_u}{C_t T_u} \right)^2}} \left(1 + 0,3 \frac{N_u}{A_g} \right) \quad (SKSNI pas 3.4.6 point 6)$$

dimana :

$$C_t = \frac{b_w d}{\Sigma x^2 y}$$

$N_u < 0 \rightarrow$ tarik

$N_u = 0 \rightarrow$ tekan

Jika $T_u < \phi T_c$

\rightarrow pakai tulangan torsi minimum !

Jika $T_u > \phi T_c$

\rightarrow hitung tulangan torsi !

Jika $T_u > 5 \phi T_c$

\rightarrow penampang harus diperbesar !

3. Hitung tulangan torsi yang dibutuhkan

$$\phi T_s = T_u - \phi T_c$$

4. Hitung tulangan transversal torsi

$$\frac{A_t}{s} = \frac{\phi T_s}{\phi \cot \alpha_1 y_1 f_y}$$

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.3 poin 4)

dimana :

$$x_1 = b - 2 (\text{decking} + 1/2 \text{ diameter sengkang})$$

$$y_1 = h - 2 (\text{decking} + 1/2 \text{ diameter sengkang})$$

$$\alpha_t = 1/3 \left(2 + \frac{y_1}{x_1} \right) \leq 1,5$$

A_t = luas satu kaki sengkang

5. Hitung kuat nominal geser yang yang mampu dipikul beton

$$\phi V_c = \frac{\phi 1/6 \sqrt{f_c'} b_w d}{\sqrt{1 + \left(2,5 C_t \frac{T_u}{V_u} \right)^2}} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.3 poin 4})$$

6. Hitung tulangan geser yang diperlukan

$$\frac{A_v}{s} = \frac{\phi V_s}{\phi f_y d} \quad \rightarrow \phi V_s = V_u - \phi V_c$$

7. Hitung tulangan total sengkang gabungan torsi dan geser

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + \frac{2 A_t}{s} \quad \rightarrow \min \frac{A_{vt}}{s} = \frac{b_w}{3 f_y}$$

8. Kontrol spasi maksimum tulangan transversal total

$$s_{\max} = \frac{(x_1 + y_1)}{4} \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.4.6 point 8})$$

9. Hitung tulangan longitudinal yang diperlukan dan pemasangannya diatur

sesuai dengan SKSNI pasal 3.4.6 poin 9.

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

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

A_l diambil yang terbesar dan tidak perlu lebih besar dari :

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

Tulangan A_l harus dipasang dengan jarak ≤ 30 cm dan tulangan A_l disebar pada dua sisi balok (sisi samping kanan dan sisi samping kiri).

♦ **Contoh Perhitungan Geser dan Torsi**

Sebagai contoh perhitungan penulangan geser dan torsi diambil balok induk

no: 6, pada daerah tumpuan kanan

$$- V_u = 34011,07 \text{ kg} = 340110,7 \text{ N}$$

$$- T_u = 808,88 \text{ kg.m} = 8088800 \text{ Nmm}$$

$$- \Sigma x^2 y = 96000000 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} - T_{u_{\text{kompatibilitas}}} &= \phi \left(\sqrt{\frac{f_c'}{3}} \right) \frac{\Sigma x^2 y}{3} \\ &= 0,6 \left(\sqrt{\frac{24,606}{3}} \right) \left(\frac{96000000}{3} \right) \\ &= 10582279,53 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - T_{u_{\text{batas}}} &= \phi \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{20} \right) \Sigma x^2 y \\ &= 0,6 \left(\frac{\sqrt{24,61}}{20} \right) (96000000) \\ &= 14286077,36 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

(Untuk $T_{u_{\text{kompatibilitas}}}$ batas T_u tidak boleh dipakai sebagai patokan, $T_{u_{\text{kompatibilitas}}}$ tetap dipakai walaupun nilainya $< T_{u_{\text{batas}}}$).

♦ *Kuat nominal torsi yang mampu dipikul beton*

$$\phi T_c = \frac{\phi \frac{1}{15} \sqrt{f_c'} \Sigma x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,4 V_u}{C_t T_u} \right)^2}} \left(1 + 0,3 \frac{N_u}{A_g} \right)$$

dimana :

$$C_t = \frac{b_w d}{\Sigma x^2 y} = \frac{400(535,5)}{960000000} = 0,00223125 / \text{mm}$$

$$\phi T_c = \frac{0,6/15 \sqrt{24,606} (96000000)}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,4(340110,7)}{0,00223125(10582279,53)} \right)^2}} = 3257274,991 \text{ Nmm}$$

$$\phi T_s = T_u - \phi T_c = 10582279,53 - 3257274,991 = 7325004,539 \text{ Nmm}$$

◆ *Hitung tulangan transversal (At) :*

$$x_1 = 400 - 2(40 + 0,5(12)) = 308 \text{ mm}$$

$$y_1 = 600 - 2(40 + 0,5(12)) = 508 \text{ mm}$$

$$\alpha_t = 1/3 \left(2 + \frac{y_1}{x_1} \right) = 1/3 \left(2 + \frac{508}{308} \right) = 1,22 < 1,5 \text{ ..ok!}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{\phi T_s}{\phi \alpha_t x_1 y_1 f_y}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{7325004,539}{0,6(1,22)(308)(508)(320)} = 0,199863003 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

◆ *Kuat nominal geser yang mampu dipikul beton*

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \frac{1}{2} \frac{\phi 1/6 \sqrt{f_c'} b_w d}{\sqrt{1 + \left(2,5 C_t \frac{T_u}{V_u} \right)^2}} \left(1 + 0,3 \frac{N_u}{A_g} \right) \\ &= \frac{1}{2} \frac{0,6/6 \sqrt{24,606} (400)(535,5)}{\sqrt{1 + \left(2,5(0,00223125) \frac{10582279,53}{340110,7} \right)^2}} \\ &= 52343,82982 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 287766,8702 \text{ N}$$

◆ *Hitung tulangan geser (Av) :*

$$\frac{A_v}{s} = \frac{\phi V_s}{\phi f_y d} = \frac{287766,8702}{0,6(320)(535,5)} = 2,79885301 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

◆ *Hitung tulangan transversal total yang dibutuhkan*

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + \frac{2A_t}{s} = 2,79885301 + 2(0,199863003) = 3,198579 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Dipakai sengkang $\theta 12$, sehingga jarak sengkang dibutuhkan :

$$s = 2(113)/3,198579 = 70,65 \text{ mm} = 7,065 \text{ cm}$$

Digunakan sengkang $\theta 12$ -5 cm

$$\begin{aligned} \text{Kontrol } s \text{ max} &= \frac{(x_1 + y_1)}{4} = \frac{30,8 + 50,8}{4} \\ &= 20,4 \text{ cm} > s \text{ ..ok!} \end{aligned}$$

◆ Hitung tulangan memanjang torsi

$$\begin{aligned} A_{l_1} &= 2 \frac{A_t}{s} (x_1 + y_1) \\ &= 2(0,199863003)(308 + 508) \\ &= 226,1764209 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{l_2} &= \left(\frac{2,8 x s}{f_y} \left(\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3C_t}} \right) - 2A_t \right) \left(\frac{x_1 + y_1}{s} \right) \\ &= \left(\frac{2,8(400)(50)}{320} \left(\frac{10582279}{10582279 + \frac{340110,7}{3(0,002231)}} \right) - 2(0,19986)(50) \right) \\ &\quad \left(\frac{308 + 508}{50} \right) \\ &= 166,115 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Al diambil harga terbesar tetapi tidak perlu lebih besar dari

$$\begin{aligned} A_l &= \left(\frac{2,8 x s}{f_y} \left(\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3C_t}} \right) - \frac{b_w s}{3 f_y} \right) \left(\frac{x_1 + y_1}{s} \right) \\ &= \left(\frac{2,8(500)(50)}{320} \left(\frac{10582279}{10582279 + \frac{340110,7}{3(0,002231)}} \right) - \frac{400(50)}{3(320)} \right) \\ &\quad \left(\frac{308 + 508}{50} \right) \\ &= 152,291 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi A_l perlu = 1,52 cm²

Tulangan torsi longitudinal A_l disebarkan pada dua sisi balok (sisi kanan dan sisi kiri).

Selanjutnya untuk penulangan geser-torsi pada balok induk dapat dilihat pada tabel.

6.1.2 Kontrol Lendutan Dan Retak

Kontrol lendutan dan kontrol retak pada balok induk adalah sama caranya dengan kontrol lendutan dan retak pada balok anak.

Kontrol Lendutan

SKSNI 91 menyatakan bahwa bila tinggi balok lebih besar dari pada tinggi minimum seperti yang disyaratkan dalam tabel 3.2.5(a), maka lendutan tidak perlu dihitung.

Tinggi balok induk diambil $> \frac{1}{16} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$, lebih besar dari tinggi minimum balok yang disyaratkan SKSNI 91 tabel 3.2.5.(a), maka praktis lendutan tidak perlu dihitung.

Kontrol Retak

SKSNI 91 psl 3.3.6.4 menyebutkan bahwa apabila tegangan leleh rencana (f_y) untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen negatif dan positif maksimum harus diproporsikan sedemikian sehingga nilai z yang diberikan oleh

$$z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \dots\dots (SKSNI \text{ pas } 3.3.6)$$

tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana f_s boleh diambil sebesar 60% dari kuat leleh yang disyaratkan ($f_s = 0,6 \cdot f_y$).

6.1.3 Panjang Penyaluran Balok Induk

Perhitungan panjang penyaluran tulangan untuk balok induk adalah sama dengan perhitungan panjang penyaluran pada balok anak.

6.2 PERENCANAAN KOLOM

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban dari elevasi di atasnya ke elevasi yang lebih rendah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi.

Karena kolom adalah komponen tekan maka keruntuhan kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang bersangkutan dan lantai lain di atasnya dan akhirnya menyebabkan keruntuhan total struktur tersebut.

6.2.1 Dasar Teori

Suatu komponen struktur yang menerima momen lentur dan aksial tekan secara serentak harus diperhitungkan sebagai beam column dengan mempertimbangkan pengaruh tekuk yang terjadi akibat kelangsingan komponen struktur tersebut.

Faktor tekuk berkaitan erat dengan jenis portal yang direncanakan. Portal dengan pengaku memiliki faktor tekuk ($k < 1$), hal ini disebabkan translasi pada titik ujung kolom dicegah oleh adanya pengaku, dinding geser atau hubungan balok kolom yang kaku. Jika goyangan kesamping atau translasi ujung mungkin terjadi, seperti halnya pada portal tanpa pengaku, maka faktor pengaman terhadap tekuk harus diambil $k > 1$.

Dengan adanya faktor tekuk akibat pengaruh kelangsingan ini, pada komponen struktur tekan dan lentur akan terjadi momen tambahan sebesar $M_0 = P \cdot \Delta$, sehingga untuk suatu komponen struktur tekan dan lentur langsing, momen-momen pada ujung kolom harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran yang akan diuraikan sebagai berikut :

- Panjang Tekuk Kolom

Panjang tekuk kolom adalah panjang bersih kolom antara pelat lantai atau balok di ujung-ujungnya yang dikalikan dengan suatu faktor (k) yang besarnya :

$k \geq 1$ untuk kolom tanpa pengaku samping (unbraced)

$k \leq 1$ untuk kolom dengan pengaku samping (braced)

Faktor tekuk (k) merupakan fungsi dari tingkat penjepitan ujung atas (ψ_A) dan tingkat penjepitan ujung bawah (ψ_B) dimana tingkat penjepitan ujung kolom tersebut dihitung dengan persamaan :

$$\psi = \frac{\sum EI/Lu \text{ kolom}}{\sum EI/Lu \text{ balok}}$$

dimana :

ψ = tingkat penjepitan ujung kolom

EI/Lu = faktor kekakuan kolom atau balok yang ditinjau

Nilai dari faktor tekuk (k) dapat diperoleh dari Structural Stability Research Council Guide dengan memasukkan nilai-nilai ψ_A dan ψ_B kemudian menarik garis lurus yang melewati titik-titik ψ_A dan ψ_B tersebut sehingga didapat nilai k .

- Pembatasan Pemulangan Kolom

SKSNI psl. 3.3.9-1 menyebutkan bahwa rasio pemulangan kolom disyaratkan untuk tidak kurang dari 1% tetapi tidak lebih dari 8% dari luas bruto penampang kolom.

$$0,01 \leq \rho \leq 0,08 \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.9 point 1)$$

Pembatasan rasio tulangan minimum ini ditujukan untuk mencegah terjadinya retak akibat rangkai (creep) yang terjadi pada beton sedangkan pembatasan rasio tulangan maksimum atas pertimbangan kesulitan pemasangan di lapangan.

Jumlah minimum batang tulangan memanjang kolom adalah 4 buah untuk kolom dengan sengkang pengikat segi empat dan 8 buah untuk kolom dengan pengikat sepiral.

- Kolom Pendek

Suatu unsur tekan pendek bila dibebani gaya aksial lebih besar dari kapasitasnya akan mengalami keruntuhan bahan (runtuhnya beton) sebelum mencapai ragam keruntuhan tekuknya. Oleh sebab itu untuk perencanaan struktur tekan pendek, bahaya akibat tekuk tidak perlu diperhitungkan.

Suatu komponen struktur tekan dikatakan pendek apabila perbandingan kelangsingan yaitu perbandingan panjang tekuk kolom ($k L_n$) terhadap radius girasi (r):

Untuk braced system

$$\frac{k L_n}{r} < 34 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11 poin 4.1)$$

Untuk Unbraced system

$$\frac{k L_n}{r} < 22 \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11 poin 4.2)$$

dimana :

$$- M_2 > M_1$$

$$- \text{nilai } \frac{M_{1b}}{M_{2b}} = 1$$

- nilai r adalah diambil sebesar $\sqrt{\frac{I}{A}}$ atau :

0,3h dalam arah momen yang ditinjau untuk kolom persegi, atau

0,25 untuk kolom bulat (d = diameter kolom)

- *Kolom Panjang*

Apabila nilai perbandingan kelangsingan untuk kolom pendek di atas tidak terpenuhi, maka suatu komponen struktur tekan boleh dikatakan kolom panjang.

Kolom dengan perbandingan kelangsingan besar akan menimbulkan lendutan ke samping (menekuk) akibat momen sekunder yang terjadi, sehingga mengurangi kekuatan nominal dari kolom panjang tersebut. Untuk itu dalam perhitungan kolom panjang diperlukan suatu faktor pembesaran momen yang harus diperhitungkan terhadap panjang tekuk kolom.

- *Faktor Pembesaran Momen Untuk Kolom Panjang*

SKSNI'91 psl. 3.3.11-5 menyebutkan bahwa apabila suatu kolom adalah kolom panjang, maka momen yang terjadi harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran menjadi :

$$M_c = \delta_b M_{2b} + \delta_s M_{2s} \dots\dots\dots (SK SNI T15-1991-03 pers. 3.3-6)$$

dimana :

- M_c = momen rencana kolom setelah diperbesar
- M_{2b} = momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban gravitasi
- M_{2s} =momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping seperti beban gempa.

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi P_c}} \geq 1 \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 pers. 3.3-7)$$

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \sum P_c}} \geq 1 \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 pers. 3.3-8)$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \geq 0,4 \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 pers. 3.3-12)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k l_u)^2} \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 pers. 3.3-9)$$

$$EI = \frac{\left(\frac{E_c I_g}{5}\right) + E_s I_s}{1 + \beta_d} \dots\dots\dots (SK SNI T-15-1991-03 pers. 3.3-10)$$

ϕ = faktor reduksi kekuatan

= 0,65 (untuk komponen kolom dengan tulangan spiral maupun sengkang ikat)

Dalam perencanaan gedung ini kolom dirancang sebagai Braced Frame, karena adanya pengaku (dinding geser) yang cukup mampu menahan terjadinya goyangan kesamping.

6.2.2 Penulangan Lentur Kolom

Untuk perhitungan penulangan lentur kolom menggunakan bantuan software PCACOL.

Prosedur Penulangan Kolom

SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.3.3 butir 5 mengatur bahwa kekuatan kolom hanya boleh diperhitungkan sebesar $\phi P_n \leq 0,8 \phi P_o$ (kolom bersengkang) dan $\phi P_n \leq 0,85 \phi P_o$ (kolom berspiral).

dimana : $P_o = 0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$

Adapun prosedur penulangan kolom secara garis besar dilakukan sebagai berikut :

- ♦ Tentukan apakah kolom termasuk brace frame atau unbrace frame. Dalam tugas akhir ini kolom ditetapkan sebagai brace frame, karena adanya sistem pengikat goyangan struktur yaitu dinding geser.
- ♦ Tentukan apakah kolom termasuk kolom pendek atau panjang. Seperti telah dijelaskan di atas, bila termasuk kolom pendek maka tidak perlu dilakukan pembesaran momen, demikian pula sebaliknya. Peninjauan kolom pendek

atau kolom panjang dilakukan pada kedua arah sumbu global. Hal ini dilakukan sebagai langkah keamanan.

- ♦ Apabila kolom termasuk kolom pendek maka momen-momen berfaktor hasil analisa ETABS dimasukkan kedalam perhitungan penulangan lentur kolom dengan menggunakan software PCACOL. Dan apabila termasuk kolom panjang maka momen-momen berfaktor tersebut harus diperbesar dengan suatu faktor pembesaran. Momen yang telah diperbesar dipakai di dalam perhitungan penulangan lentur kolom dengan software PCACOL.

6.2.3 Penulangan Geser Dan Torsi Kolom

Penulangan geser dan torsi pada kolom pada hakekatnya adalah sama dengan penulangan geser torsi pada balok, hanya pada kolom daerah ujung-ujung kolom harus mendapat perhatian khusus sebagai syarat bagi suatu struktur bangunan beton bertulang yang tahan gempa (diatur pada PB'89 Appendix A atau SKSNI T-15-1991-03 pasal 3.14)

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan tulangan geser-torsi pada kolom adalah sebagai berikut :

- Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi terkecil kolom tidak boleh lebih besar dari 25. Dimensi penampang terpendek, diukur pada suatu garis lurus yang melalui titik berat penampang, tidak boleh kurang dari 250 mm. Rasio dimensi penampang kolom terpendek terhadap yang tegak lurus padanya tidak boleh kurang dari 0,4. (SK SNI T-15-1991-03 pas. 3.14.9 poin 4)

- Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal dari sengkang tertutup maupun sengkang majemuk. Spasi maksimum dari sengkang tertutup pada kolom tidak boleh lebih dari $1/2$ dimensi komponen struktur terkecil, sepuluh kali diameter tulangan longitudinal terkecil, atau 200 mm.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 6.2)

- Pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ pada seluruh panjang komponen struktur tersebut.
- Pada daerah ujung sejarak d dari muka kolom, kuat geser yang disumbangkan oleh beton (ϕV_c) harus diambil sebesar setengah dari yang disyaratkan dalam pasal 3.4 SKSNI'91.
- Pada komponen struktur kolom, torsi kompatibilitas tidak boleh dipakai karena pada kolom tidak terjadi redistribusi gaya-gaya dalam kecuali untuk suatu komponen kolom khusus.

- Contoh Perhitungan

Sebagai contoh perhitungan diambil kolom lantai 1 (80/80) no: 8

$$P_u = 7091,50 \text{ kN}$$

$$M_{2bx} = 77,66 \text{ kNm} \qquad M_{2by} = 3,16 \text{ kNm}$$

$$M_{2sx} = 44,81 \text{ kNm} \qquad M_{2sy} = 18,34 \text{ kNm}$$

$$V_u = 179,97 \text{ kN}$$

$$T_u = 26,70 \text{ kN}$$

$$d' = 800 - 50 - 12 - 25/2 = 725,5 \text{ mm}$$

Tinggi kolom : 4,5 m

Dengan adanya pengaku lateral (dinding geser) maka termasuk brace frame.

◆ Kontrol kelangsingan kolom

$$k = 1$$

$$\frac{k l_u}{r} = \frac{1 (4500-600)}{0,3 (800)} = 16,25$$

$$34 - 12 \frac{M1b}{M2b} = 34 - 12 \frac{3,16}{77,66} = 33,51$$

$$\frac{k l_u}{r} < 34 - 12 \frac{M1b}{M2b}, \text{ Jadi faktor tekuk diabaikan (termasuk kolom pendek).}$$

Karena kolom termasuk kolom pendek dan faktor kelangsingan tidak perlu ditinjau, maka gaya-gaya momen hasil analisa ETABS langsung dimasukkan ke program PCACOL untuk menentukan tulangan lentur kolom tanpa proses pembesaran momen.

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel

- Penulangan Geser dan Torsi

◆ Tulangan Torsi Minimum

$$\begin{aligned} \text{Batas } T_u &= \phi \frac{1}{20} \sqrt{f_c'} \sum x^2 y \\ &= 0,6/20 \sqrt{24,61} (800)^3 \\ &= 76198,61 \text{ kN} > T_u \rightarrow \text{Torsi minimum !} \end{aligned}$$

$$x1 = 800 - 2(50 + 6) = 688 \text{ mm}$$

$$y1 = 800 - 2(50 + 6) = 688 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A1 \text{ min} &= \frac{b w}{3 f_y} (x1 + y1) \\ &= \frac{800}{3 (320)} (688 + 688) \\ &= 11,47 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

(diambilkan dari kelebihan tulangan utama)

◆ Sumbangan Kekuatan Geser Beton (pada daerah ujung)

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 1/2 (2 \phi 1/6 \sqrt{f_c'} bw d (1 + \frac{N_u}{14 A_g})) \\ &= 1/2 (2 (0,6) (1/6) \sqrt{24,61} (800) (727,6) \left(1 + \frac{7091500}{14 (800)^2}\right)) \\ &= 515769,346 \text{ N}\end{aligned}$$

$V_u (179970) < \phi V_c (515769,346) \rightarrow$ tulangan geser minimum !

◆ Jarak Tulangan Geser yang Dibutuhkan

$$s = \frac{3 A_v f_y}{bw} = \frac{3 (2)(113) (320)}{800} = 271,2 \text{ mm}$$

◆ Spasi Maksimum Sengkang

$$\circ s = (x_1 + y_1)/4 = (688 + 688)/4 = 344 \text{ mm}$$

$$\circ s = 10 \times \text{diameter tulangan utama}$$

$$= 10 (25) = 250 \text{ mm}$$

$$\circ s = 24 \times \text{diameter begel}$$

$$= 24 (12) = 288 \text{ mm}$$

$$\circ s = d/2 = 725,5/2 = 362,75 \text{ mm}$$

$$\circ s < 20 \text{ cm (200 mm)} \quad \text{SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 butir 6.2}$$

Digunakan tulangan $\theta 12 - 200$

Hasil perhitungan geser kolom selengkapnya dapat dilihat pada Tabel

6.3 PERENCANAAN SHEAR WALL

Dinding geser merupakan komponen struktur yang difungsikan untuk menahan beban lateral yang berasal dari beban gempa. Dalam hal ini dinding geser dimodelkan sebagai kantilever yang akan terbebani oleh oleh beban lateral dan gaya aksial akibat beban gravitasi.

6.3.1 Dasar-Dasar Perencanaan

- Rasio tulangan minimum dari luas tulangan vertikal terhadap penampang

bruto beton harus memenuhi :

- 0,0012 untuk tulangan \leq D16, dengan mutu baja \geq 400 MPa
- 0,0015 untuk batang deform lainnya
- 0,0012 untuk kawat baja las \leq W31 atau D31

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.7.3.2)

- Rasio tulangan minimum dari luas tulangan horisontal terhadap penampang

bruto beton harus memenuhi : *(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.7.3.3)*

- 0,0020 untuk tulangan \leq D16, dengan mutu baja \geq 400 MPa
- 0,0025 untuk batang deform lainnya
- 0,0020 untuk kawat baja las W31 atau D31

- Spasi tulangan pada tiap arah tidak boleh lebih dari 450 mm, dan harus didistribusikan pada seluruh penampang.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 7.2a)

- Bila tebal dinding lebih besar atau sama dengan 200 mm maka dinding tersebut harus dipasang dua lapis tulangan.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 7.2b)

- Jarak antara tulangan vertikal sepanjang L_o dari ujung tidak boleh lebih dari 200 mm, dan 300 mm diluar daerah ujung sepanjang L_o .

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 7.3f)

- Jarak antara tulangan di luar daerah ujung L_o tidak boleh lebih dari tiga kali tebal dinding, seperlima lebar dinding dan 450 mm.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 7.3g)

- Jarak antara tulangan horisontal dalam daerah ujung sepanjang L_o tidak boleh lebih dari 200 mm.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 7.3h)

- Panjang daerah ujung L_o tidak boleh kurang dari lebar dinding, seperenam tinggi dinding dan tidak perlu lebih besar dari dua kali lebar dinding.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.14.9 poin 7.2i)

- Tebal dinding pendukung tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang komponen dukung, diambil yang terkecil, dan tidak kurang dari 100 mm.

(SK SNI T-15-1991-03 pas 3.7.5 poin 3)

6.3.2 Perhitungan Penulangan Lentur Dinding

Prosedur perhitungan dilakukan seperti berikut ini dengan mengambil dinding geser lantai 1 (SW 1) sebagai contoh.

- $P_u = 10622,43 \text{ kN}$

- $V_u = 246,05 \text{ kN}$

- $M_u = 1159,10 \text{ kNm}$

- Tinggi dinding geser (l_w) = 3,6 m
- Panjang horisontal (h_w) = 3,1 m

Untuk perencanaan lentur wall digunakan program bantu PCACOL versi 2.30, sedangkan kuat lentur dan aksial rencana wall yang didapat dari output ETABS dimasukkan sebagai data investigasi. Program bantu ini akan memberikan grafik kapasitas momen maksimum akibat tulangan terpasang dan nantinya akan terlihat pula, apakah kapasitas maksimum ini akan mampu melawan gaya-gaya luar yang terjadi pada struktur wall. Setelah dianalisa dengan PCACOL untuk wall 1 lantai 1-atap didapat penulangan sebesar:

- 165 D19
- ρ tulangan 1,44 %

6.3.3 Kontrol Kemampuan Dinding Geser

◆ Tebal minimum dinding geser

$$\begin{aligned}
 h_{\min} &= 1/25 l_w \text{ atau } 1/25 h_w \text{ (diambil yang terkecil tetapi tidak boleh lebih} \\
 &\text{kecil dari 100mm) (SKSNI pas 3.7.5 point 3)} \\
 &= 1/25 \times 310 = 12,4 \text{ cm ,atau} \\
 &= 1/25 \times 360 = 14,4 \text{ cm ,tebal yang dipakai 40 cm } > 10 \text{ cm (ok!)}
 \end{aligned}$$

◆ Kuat geser maksimum yang mampu dipikul oleh penampang

$$\begin{aligned}
 V_n \text{ batas} &= 5 \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot h \cdot d \\
 &= 5 \cdot \frac{\sqrt{24,61}}{6} \cdot 400 \cdot (0,8 \cdot 3100) \\
 &= 4100,1633317 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_u/\phi = 246,05/(0,6)$$

$$= 410 \text{ kN} < V_n \text{ batas (ok!)}$$

◆ Kemampuan dinding menerima beban aksial

$$\phi P_{nw} = 0,55 \phi f_c' A_g \left(1 - \left(\frac{k l_c}{32 h} \right)^2 \right) \dots\dots\dots (SKSNI \text{ pas } 3.7.5)$$

dimana : $\phi = 0,7$

$k = 0,8$ (dikekang pada salah satu atau kedua ujungnya)

$A_g = 325 \cdot 10^4 \text{ mm}^2$

$$\phi P_{nw} = 0,55 (0,7) (24,61) (3250000) \left(1 - \left(\frac{0,8(3600)}{32(400)} \right)^2 \right)$$

$$= 23860,89956 \text{ kN} > P_u \dots \text{ ok!}$$

Kesimpulan dinding geser mampu menahan beban aksial yang terjadi.

6.3.4 Perencanaan Penulangan Geser

◆ Kemampuan dinding menerima beban geser

Adalah harga minimum dari :

$$V_{c1} = 1/4 \sqrt{f_c'} h d + \frac{N_u d}{4 l_w} \dots\dots\dots (SKSNI \text{ pers. } 3.4-32)$$

dimana :

$d = 0,8 l_w = 0,8 (3100) = 2480 \text{ mm}$

$$V_{c1} = 1/4 \sqrt{24,606} (400) (2480) + \frac{10622,43 \cdot 10^3 (2480)}{4 (3100)}$$

$$= 3662,224494 \text{ kN}$$

atau :

$$V_{c2} = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{2} + \frac{l_w \left(\sqrt{f_c'} + \frac{2 N_u}{l_w h} \right)}{M_u/V_u - 1/2 l_w} \right) \frac{h d}{10} \dots\dots\dots (SKSNI \text{ pers. } 3.4-33)$$

$$V_{c2} = \left(\frac{\sqrt{24,61}}{2} + \frac{3100(\sqrt{24,606} + \frac{2(10622,43 \cdot 10^3)}{3100(400)})}{\frac{1159,10}{246,05} 10^3 - 1/2 (3100)} \right) \frac{400(2480)}{10}$$

$$= 3369,943159 \text{ kN (menentukan)}$$

$$V_s = V_u - 0,5 \phi V_c = 246,05 - 0,5 \cdot 0,6 (3369,9) < 0 \text{ (tulangan geser minimum)}$$

◆ Perencanaan geser horisontal

Karena penampang beton cukup kuat menahan gaya geser, cukup digunakan tulangan minimum dari D16

$$\begin{aligned} \text{Spasi tulangan minimum } S_2 &\leq lw/5 = 620 \text{ mm} \\ &\leq 3h = 1200 \text{ mm} \\ &\leq 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

*Untuk tebal dinding diatas 250 mm maka digunakan dua lapis tulangan.

$$\begin{aligned} \text{Ah perlu} &= \rho_{\min} \cdot h \cdot hw \\ &= 0,0025 (400) (3600) = 3600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D16 - 400 mm masing-masing sisi

$$\begin{aligned} \text{Ah ada} &= 2 A_s hw / s \\ &= 2 (201) (3600) / 400 = 3618 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Ah ada > Ah perlu (ok!)

◆ Perencanaan geser vertikal

Rasio ρ_n dari luas tulangan geser vertikal terhadap luas bruto penampang

horisontal beton tidak boleh kurang dari : (SKSNI pers 3.4-35)

$$\rho_n = 0,0025 + 0,5(2,5 - hw/lw)(\rho_h - 0,0025)$$

$$\rho_n = 0,0025 + 0,5(2,5 - 3600/2480)(0,00251 - 0,0025) = 0,00251$$

atau tidak boleh kurang dari $\rho_{\min} = 0,0015$, tetapi tidak harus lebih besar dari tulangan geser horisontal perlu.

$$\begin{aligned} A_v \text{ perlu} &= \rho_n \cdot h \cdot l_w \\ &= 0,00251 (400) (3100) = 3112,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi tulangan untuk S1} &\leq l_w/3 = 1033,33 \text{ mm} \\ &\leq 3h = 1200 \text{ mm} \\ &\leq 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D16 - 400 mm masing-masing sisi

$$\begin{aligned} A_v \text{ ada} &= 2 A_s l_w / s \\ &= 2 (201) (3100) / 400 = 3115,5 \text{ mm}^2 > A_v \text{ perlu (ok!)} \end{aligned}$$

◆ Perencanaan terhadap lentur (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.4.5)

$$\begin{aligned} \frac{M_u}{\phi f_c' b d^2} &= \frac{1,1591 \cdot 10^9}{0,8 \times 24,606 \times 400 \times (0,8 \times 3600)} \\ &= 0,0177 \end{aligned}$$

dari tabel 9.2 ACI'83 diperoleh $\omega = 0,1665$

$$\begin{aligned} \rho &= \omega f_c' / f_y \\ &= 0,1665 \times 24,606 / 320 = 0,0128 \end{aligned}$$

Penulangan lentur ini ditambahkan dengan tulangan geser vertikal.

$$\text{jadi } \rho_v \text{ total} = 0,0025 + 0,0128 = 0,0153$$

dipakai tulangan D 19

$$s = \frac{(2 \times 19^2 \times \pi) / 4}{0,0153 \times 400} = 92,609 \text{ mm}$$

dipakai tulangan D19 - 90

BAB VII

PONDASI

Pembahasan pada bab ini meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan, perencanaan poer dan perencanaan sloof (tie beam). Referensi yang digunakan yaitu: "Pile Foundation in Engineering Practice" oleh Prakash dan Sharma, "Fondation Analisis and Design" oleh JE. Bowles dan "Soil Mechanics.

7.1 DATA-DATA TANAH

Data-data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan hasil penyelidikan tanah yang dilakukan oleh PT. PRATAMA WIDYA.. Adapun data-data tanah yang tersedia adalah data boring atau Standart Penetration Test (SPT). Nilai SPT didapat dari harga N yaitu jumlah tumbukan pada test tersebut.

Keadaan tanah pada gedung ini adalah: tanah lanau berpasir sedalam 16 m dengan nilai SPT sebesar 2 sampai 60, sedangkan pengeboran lebih dalam lagi menghasilkan tanah pasir dan lempung dengan nilai SPT sebesar 16-60.

Dari data boring dapat diketahui bahwa pada kedalaman 16 m telah didapatkan nilai SPT dengan nilai N yang cukup besar oleh karena itu, agar dapat menghasilkan perhitungan daya dukung suatu pondasi tiang pancang yang optimum, maka pemancangan tiang direncanakan sampai kedalaman 16 m.

7.2 PERENCANAAN JUMLAH PONDASI TIANG PANCANG

Gedung ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang yang diproduksi oleh PT. WIJAYA KARYA. Daya dukung pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal yaitu daya dukung tumpu pada ujung tiang dan pengaruh lekatan tanah atau friction disekeliling tiang.

7.2.1 Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung suatu tiang harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan dan kekuatan tanah tempat tiang ditanam. Dan hasil daya dukung yang menentukan itulah yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

♦ Daya dukung tiang pancang yang berdiri sendiri

a. Berdasarkan kekuatan tanah

Menurut Meyerhof, perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data hasil boring harus memperhitungkan daerah tanah yang mengalami keruntuhan geser akibat penetrasi konus atau tiang pancang yaitu pada daerah $4D$ di bawah tiang dan $4D$ di atas tiang (D = diameter tiang).

Besarnya daya dukung ijin suatu tiang yang berdiri sendiri adalah daya dukung satu tiang dibagi dengan suatu angka keamanan (safety Faktor/SF).

$$Q_{ijin} = \frac{1}{SF} Q_{ult} = \frac{1}{SF} (Q_p + Q_f)$$

dimana:

SF : Faktor keamanan (2 - 3)

Q_{ult} : Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

Q_p : Daya dukung akibat perlawanan ujung tiang (ton)

Q_f : Daya dukung akibat lekatan tanah sepanjang badan tiang (ton)

1. *Daya dukung tumpu Q_p (end bearing capacity)*

untuk tanah pasir:

$$Q_p = \left(0,4 \frac{\bar{N}}{B}\right) D_f A_p < 4\bar{N} A_p$$

untuk tanah lempung:

$$Q_p = \left(0,4 \frac{\bar{N}}{B}\right) D_f A_p < 3\bar{N} A_p$$

Dimana:

\bar{N} = nilai rata-rata SPT yang sudah dikoreksi ($\bar{N} = C_n \times N$)

N = nilai N rata-rata didekat ujung tiang

C_n = faktor koreksi nilai SPT

$$= 0,77 \log \left(\frac{20}{\sigma_v}\right)$$

σ_v = efektif overburden (ton/ft²)

B = diameter tiang (ft)

D_f = kedalaman tiang (ft)

A_p = Luas permukaan ujung tiang (ft²)

Penentuan harga N yang dipakai dalam perhitungan tidak diambil langsung dari harga N di ujung tiang, tetapi diambil dari harga N rata-rata sepanjang daerah keruntuhan.

2. *Daya dukung lekatan sepanjang keliling tiang*

$$Q_f = f_s O h$$

dimana, f_s : Ultimate unit shaf friction (ton/ft²)

$$: \bar{N} / 50 < 1 \text{ tsf}$$

h : Panjang badan tiang (m)

O : keliling tiang

- Contoh Perhitungan

Untuk contoh perhitungan ini direncanakan tiang bulat dengan ϕ 50 cm (4D=2m) dan dipancang sampai kedalaman 16 m.

Data tiang pancang:

$$D \quad : 50 \text{ cm} = 1,64 \text{ ft}$$

$$A_p \quad : 2,11 \text{ ft}^2$$

Dari data test boring (terlanpir) didapat:

◆ Daya dukung tumpu (end bearing capacity)

$$\begin{aligned} \sigma_v &= \gamma t \cdot h \\ &= (1,6-1) 16 = 9,6 \text{ t/m}^2 \\ &= 0,892 \text{ t/ft}^2 \end{aligned}$$

$$C_n = 0,77 \log (20/0,892) = 1,04 \approx 1$$

$$N_1 = 28 \text{ pukulan /ft}$$

$$N = (35 + 60 + 60) / 3 = 51,66 \text{ pukulan /ft}$$

$$\bar{N} = 1 \cdot 51,66 = 51,66 \text{ pukulan /ft}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 4 \cdot \bar{N} \cdot A_p \\ &= 4 \times 51,56 \times 2,11 = 435 \text{ ton} \end{aligned}$$

◆ Daya dukung lekatan

$$N = (6+5+2+6+17+18+15+24+35) / 9 = 14,22$$

$$\sigma_v_{\text{rata-rata}} = 0,892/2 = 0,446 \text{ t/ft}^2$$

$$C_n = 0,77 \log (20/0,446) = 1,27 \approx 1$$

$$\bar{N} = 1 \times 14,22 = 14,22$$

$$f_s = 14,22/50 = 0,28$$

$$Q_f = 0,28 (\pi \times 1,64) (16 \times 3,28) = 75,71 \text{ ton}$$

Sehingga :

kapasitas dukung ultimate,

$$Q_{\text{ult 1 tiang}} = 435 + 75,71 = 510,71 \text{ ton}$$

dan kapasitas dukung ijin,

$$Q \text{ ijin 1 tiang} = \frac{501,71}{3} = 170,23 \text{ ton}$$

b. Berdasarkan kekuatan tiang pancang

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang produksi WIKA Type 500 B dengan spesifikasi bahan seperti pada brosur (terlampir).

$$Q_{ult} \text{ 1 tiang} = 163 \text{ ton}$$

$$M_{ult} \text{ 1 tiang} = 27 \text{ tm}$$

Dari kedua keadaan di atas, Daya dukung berdasarkan kekuatan tiang lebih kecil dibanding dengan kekuatan tanah, sehingga daya dukung dari kekuatan tiang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

♦ Daya Dukung Satu Tiang Dalam Kelompok

Untuk tiang pancang yang merupakan bagian dari suatu kelompok tiang pancang dalam jarak antar tiang pancang tertentu terjadi tumpang tindih daya dukung. Sehingga kemampuan tiang pancang tidak lagi 100% seperti kemampuan tiang pancang yang berdiri sendiri, tetapi harus dikalikan dengan faktor efisiensi.

Agar efisiensi tiang tidak kurang dari 1 (satu), maka menurut buku "Fondation Analysis and Design" oleh J. E. Bowles, jarak minimum dari as ke as pondasi tiang pancang kelompok adalah:

$$S \geq \frac{1,57 D m n - 2 D}{m + n - 2}$$

dimana:

$$D = \text{lebar atau diameter tiang (m)}$$

m = jumlah baris

n = jumlah tiang pancang dalam satu baris

Apabila jarak antara as ke as tiang pancang dalam suatu kelompok lebih besar dari jarak di atas, maka efisiensi=1, tapi apabila kurang dari jarak di atas, maka faktor efisiensi tiang pancang dalam kelompok harus dihitung dengan rumus:

$$Eff = \frac{2(m+n-2)S + 4D}{m \cdot n \cdot k}$$

dimana:

D = lebar atau diameter tiang (m)

m = jumlah baris

n = jumlah tiang pancang dalam satu baris

k = keliling penampang tiang (m)

= πD (penampang tiang bulat)

= $4 D$ (penampang tiang bujur sangkar)

sehingga:

Q ijin 1 tiang dalam kelompok = Eff x Q ijin 1 tiang bebas

7.2.2 Beban Maksimum Tiang

Selain akibat beban aksial, tiang pancang juga menerima beban akibat momen baik dalam arah X maupun Y. Total beban-beban tersebut harus lebih kecil dari kemampuan ijin dari tiang pancang.

$$P_{max} = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x X_{max}}{\sum X^2} + \frac{M_y Y_{max}}{\sum Y^2} < Q \text{ ijin}$$

dimana:

Qijin = daya dukung ijin 1 tiang dalam kelompok

P max = beban maksimum yang diterima oleh 1 tiang pancang

Σ P = total beban aksial yang bekerja pada tiang (termasuk berat poer)

Mx = momen yang searah sumbu X

My = momen yang searah sumbu Y

n = banyaknya ting pancang dalam kelompok

Xmax = absis tiang pancang terjauh terhadap garis berat kelompok tiang

Ymax = ordinat tiang pancang terjauh terhadap garis berat kelompok tiang

Σ X² = jumlah kuadrat absis tiap tiang terhadap garis berat kelompok tian

Σ Y² = jumlah kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis berat kelompok tiang

- Contoh Perhitungan

Perencanaan pondasi tiang pancang P3 dengan data-data sebagai berikut:

Beban yang bekerja :

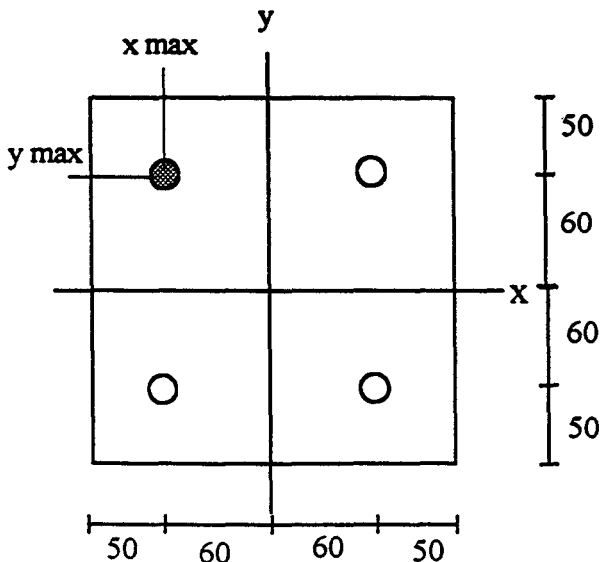
Beban aksial (P) = 299,865 ton

Momen sumbu X (Mx) = 53,496 ton-m

Momen sumbu Y (My) = 51,771 ton-m

Horizontal sumbu X (Hx) = 7,871 ton

Horizontal sumbu Y (Hy) = 12,419 ton



Untuk memikul beban aksial dan momen, maka jumlah tiang direncanakan sebanyak 4 buah tiang yang masing-masing berdiameter 50 cm dengan poer berdimensi 220 x 220 dan tebal 100 cm.

Syarat jarak dari as ke as pada pondasi tiang pancang agar efisiensi tiang tidak kurang dari 1 adalah:

$$\begin{aligned}
 S_{\min} &\geq \frac{1,57 D m n - 2 D}{m + n - 2} \\
 &\geq \frac{1,57 \times 0,5 \times 2 \times 2 - 2 \times 0,5}{2 + 2 - 2} \\
 &\geq 1,07 \text{ m} = 107 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

S ada = 120 cm > S min, maka eff = 1

Q ijin = 1 x 163 = 163 ton

Gaya aksial yang bekerja pada pondasi tiang pancang:

- beban bangunan + beban gempa = 299,865 ton

- beban pile cap (2,2² x 1 x 2,4) = 11,616 ton +
311,481 ton

$$X_{\max} = Y_{\max} = 0.6 \text{ m}$$

$$\Sigma X^2 = \Sigma Y^2 = (4 \times 0.6^2) = 1,44 \text{ m}^2$$

Beban P maksimum 1 bor pile:

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x \cdot X_{\max}}{\Sigma X^2} + \frac{M_y \cdot Y_{\max}}{\Sigma Y^2} \\ &= \frac{311,481}{4} + \frac{53,496 \times 0,6}{4 \times 0,6^2} + \frac{51,771 \times 0,64}{4 \times 0,6^2} \\ &= 121,73 \text{ ton} < Q_{ijin} = 163 \text{ ton} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tiang pancang yang diperlukan dapat dilihat pada tabel

7.2.3 Pengaruh Gaya Lateral

Tiang pancang harus mampu menerima gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horisontal menjadi momen tambahan yang bekerja pada tiang pancang. Momen yang terjadi akibat gaya horisontal ini harus dicek terhadap kekuatan bending dari tiang pancang yang digunakan.

Untuk mendapatkan momen akibat gaya horisontal ini, dapat digunakan rumus-rumus yang terdapat pada buku *Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung tahun 1983* pada lampiran B(PPUSBBSTBG '83).

PPUSBBSTBG '83 menyebutkan bahwa tiang pancang dapat dibedakan antara tiang pendek dan tiang panjang. Tiang disebut panjang jika panjang tiang yang ada lebih besar daripada 12 m atau lebih besar dari panjang penunjang, yaitu panjang yang diperlukan oleh tiang untuk menyalurkan momen luar M dan beban horisontal H akibat beban kerja dari atas tiang ke tanah sekelilingnya tanpa melampaui tegangan tanah lateral yang diijinkan.

Panjang penunjang L dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L = 1.68 \times \sqrt[3]{\frac{M_o}{R}} \text{ untuk tiang atau sumuran bulat}$$

atau dapat ditentukan dengan menggunakan grafik pada gambar B2 (khusus tiang pendek) buku PPUSBBSTBG '83.

dimana:

M_o = momen luar akibat beban kerja di ujung atas tiang (kg m/m diameter tiang)

R = tegangan tanah lateral yang diijinkan tabel B-1
= 1500 kg/cm/m (untuk tanah lempung)

Bila L lebih kecil daripada panjang tiang atau sumuran sesungguhnya maka tiang tersebut merupakan tiang pendek dan harus direncanakan dengan pasal B.2 atau pasal B.3, sedangkan bila lebih besar maka harus direncanakan dengan pasal B.4. Karena rencana pemancangan tiang sampai kedalaman 16 m (> 12 m), maka tiang adalah tiang panjang, sehingga metode perhitungannya mengikuti pasal B.4 buku PPUSBBSTBG '83.

♦ **Langkah-langkah perhitungan momen akibat gaya lateral**

1. Pilih gaya lateral terbesar antara H_{ux} dan H_{uy} sebagai gaya lateral rencana.

2. Hitung nilai K_y (koefisien y) dengan rumus:

$$K_y = \frac{H_o}{C_r \times D}$$

dimana:

H_o = beban horizontal per diameter tiang (kg/m)

C_r = kohesi rencana yang diambil sebesar $0.5 \times C_u$ (kg/m^2)

C_u = kekuatan kohesi tanah lempung

D = diameter tiang (m)

3. Dari grafik B.3 untuk tiang yang tertahan pada ujungnya dengan nilai $e/D=0$ dan harga K_y maka didapat harga K_x

4. Momen akibat beban lateral per diameter tiang (M_{uo}) didapat dengan rumus:

$$M_{uo} = K_x \cdot C_r \cdot D^2 \leq M_{ult} \text{ tiang}$$

- Contoh Perhitungan

Adapun contoh perhitungan untuk mendapatkan momen akibat gaya lateral pada tiang adalah pondasi pada poer P3

Beban yang bekerja:

$$P = 229,8651 \text{ ton}$$

$$M_x = 53,496 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 51,771 \text{ ton-m}$$

$$H_x = 7,871 \text{ ton}$$

$$H_y = 12,419 \text{ ton (beban lateral yang menentukan)}$$

Kekuatan tiang pancang WIKA type 500 B

$$Q_{ult} = 163 \text{ ton}$$

$$M_{ult} = 27 \text{ tm}$$

Beban horisontal rencana pondasi tiap diameter tiang

$$H_o = \frac{H_{uy}}{D} = \frac{12419}{4 \times 0.5} = 6209,5 \text{ kg/m}$$

Harga K_y

$$\begin{aligned} C_r &= 0.5 \times c_u \\ &= 0.5 \times 7500 = 3750 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Harga c_u diambil dari hasil test triaksial oleh P.T. PRATAMA WIDYA

sebesar, $c_u = 0,75 \text{ kg/cm}^2$

$$K_y = \frac{H_o}{C_r \times D} = \frac{6209,5}{3750 \times 0,5} = 1,23$$

Tentukan Harga K_x

Dari grafik B.3 untuk nilai $e/D = 0$ dan $K_y = 1,23$, diperoleh harga $K_x = 3$

Jadi momen akibat gaya lateral:

$$\begin{aligned} M_{uo} &= K_x \cdot C_r \cdot D^3 \\ &= 3 \times 3750 \times 0,5^3 \\ &= 1406,3 \text{ kg.m} < 27 \text{ t.m} \quad (\text{OK..!}) \end{aligned}$$

7.3 PERENCANAAN POER

Poer direncanakan terhadap gaya geser pons pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Tebal poer ditentukan oleh geser pons dan panjang penyaluran dari tiang pancang.

7.3.1 Perhitungan Geser Pons Pada Poer

Tebal poer direncanakan dengan pertimbangan bahwa kekuatan nominal pada beton harus lebih besar dari pada geser pons yang terjadi.

- Contoh Perhitungan

Contoh perhitungan diambil untuk poer P3

- beban Pu = 229,865 ton
- Mutu beton (fc') = 24,606 Mpa (K300)
- θ tulangan utama = D25
- fy = 320 Mpa
- tebal poer (h) = 1 m
- deking = 70 mm
- tinggi eff (d) = 1000 - 70 - 1.5 x 25 = 829,5 mm

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \text{ (pers. 3.4 - 36 SKSNI)}$$

tetapi tidak boleh lebih dari:

$$V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

dimana :

$$\phi = 0.6$$

β_c = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom (untuk kolom bundar maka dieqivalenkan sebagai kolom bujur sangkar).

$$= 1$$

A_1 = luas kolom sebenarnya

b_2 = sisi kolom bujur sangkar empiris

b_o = keliling dari penampang kritis pada poer

$$= 2 \times (b_k + h_k + 2d)$$

$$= 2 \times (800 + 800 + 2 \times 892,5) = 6770 \text{ mm}$$

$$\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) = 3 > 2 \text{ sehingga}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times \sqrt{24,606} \times 6770 \times 892,5$$

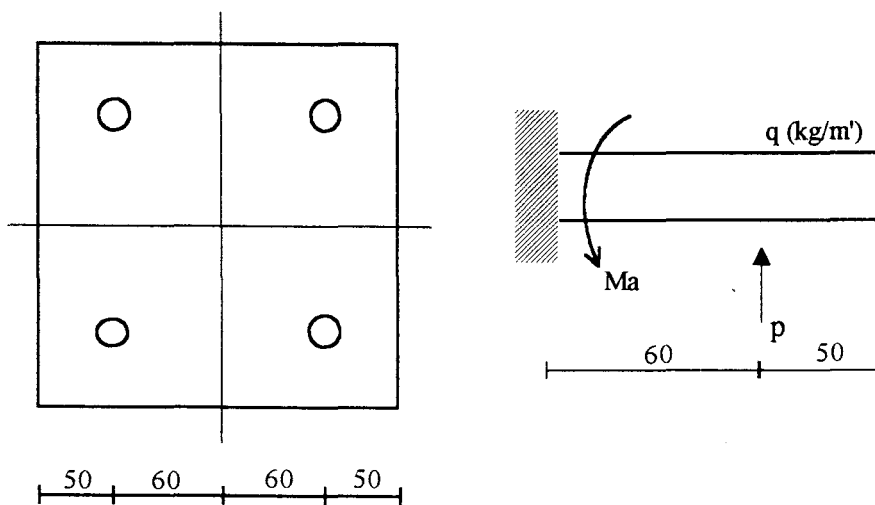
$$= 9990705,3 \text{ N} = 999,07053 \text{ ton}$$

$$V_n = P_u/0.6 = 229,865/0.6 = 383,108 \text{ ton}$$

Karena $V_c > V_n$ maka mampu menahan geser pons akibat beban kolom tanpa harus menambah tulangan geser.

7.3.2 Penulangan Lentur Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai kantilever dengan peletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja pada poer berupa beban terpusat yang berasal dari kemampuan 1 tiang pancang dan berat sendiri dari poer. Sehingga akan didapat momen maksimum pada poer.



- Contoh Perhitungan

Digunakan poer P3

$$q = \text{berat sendiri poer}$$

$$= 2,2 \times 1 \times 2,4 = 5,28 \text{ ton/m}$$

$$p = \text{kemampuan 1 tiang pancang}$$

$$= 121,73 \text{ ton}$$

$$Ma = -2 \times P \times 0,6 + 0,5 \times q \times 1,1^2$$

$$= -2 \times 121,73 \times 0,6 + 0,5 \times 5,28 \times 1,1^2$$

$$M_a = 142,8816 \text{ ton-m} = 1,428816 \times 10^9 \text{ N-mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1,428816 \times 10^9}{0,8 \times 2200 \times 892,5^2}$$

$$= 1,01917 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{320}{0,85 \times 24,606} = 15,299$$

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

$$= \frac{1}{15,299} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,299 \times 1,01917}{320}} \right]$$

$$= 0,003266 < \rho_{\min} = 0,004375$$

$$A_s = 0,004374 \times 2200 \times 892,5 = 8588,349 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 18 D25 ($A_s = 8838 \text{ mm}^2$)

Tulangan atas dipasang dengan rasio 50% dari tulangan bawah, dipasang 9D25 ($A_s = 4419 \text{ mm}^2$)

7.3.3 Kontrol Geser Pada Penampang Kritis

Geser yang terjadi pada daerah kritis kolom harus dikontrol. Apabila geser yang terjadi lebih besar dari geser nominal beton, maka dibutuhkan tulangan geser yang diambil dari bengkokan tulangan utama D.25 ke atas.

- Contoh untuk Poer P3

$$\text{Tulangan geser} = \text{D25} \qquad A_v = 1963 \text{ mm}^2 \text{ (4 kaki)}$$

$$P_{\max} \text{ 1 tiang} = 121,73 \text{ ton}$$

$$\text{Penampang kritis} = (B \text{ kolom} + d)/2 = (800+892,5)/2$$

$$= 846,3 \text{ mm dari pusat kolom}$$

$$\text{decking (dc)} = 7 \text{ cm} \qquad d'' = 7+2 \theta \text{ (diameter tulangan)}$$

$$= 12 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 5,28 \times 0,2537 \\
 &= 1,339536 \text{ ton} = 1,339536 \cdot 10^4 \text{ N} \\
 \phi V_c &= \phi \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w d \\
 &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{24,606} \cdot 2400 \cdot 892,5 \\
 &= 1062527,004 \text{ N}
 \end{aligned}$$

spasi maksimum tulangan geser

$$S_{\max} = \frac{\phi A_v f_y d}{(V_u - \phi V_c)}$$

karena $\phi V_c > V_u$, maka mampu menahan geser tanpa harus menambah tulangan geser.

$$\begin{aligned}
 S_{\text{ada}} &= (B_{\text{poer}} - 2d'' \text{ cm}) / (n_{\text{tul utama}} - 1) \text{ lap} \\
 &= (220 - 24) / (18 - 1) \\
 &= 11,5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Hasil perencanaan poer selengkapnya dapat dilihat pada tabel

7.4 PERENCANAAN SLOOF (TIE - BEAM)

Sloof direncanakan agar poer saling berhubungan satu sama yang lainnya. Sloof direncanakan untuk mampu menerima beban tembok di atasnya (bila ada), berat sendiri sloof dan beban aksial tekan atau tarik (berasal dari aksial kolom). Gaya aksial yang bekerja diambil sebesar 10% dari beban aksial kolom yang terjadi pada saat gempa pada salah satu kolom yang dihubungkan. Apabila beban vertikal pada salah satu pondasi yang dihubungkan adalah kurang dari 20 prosen dari beban pondasi lainnya, maka gaya aksial rencana tersebut harus diambil sebesar 10% dari nilai rata-rata kedua beban pondasi tersebut pada pembebanan gempa. (6.9.2. PPUSBBBDSTBUG 1983)

Dalam penentuan dimensi sloof yang perlu diperhatikan adalah tegangan tarik yang terjadi pada sloof tidak boleh melampaui tegangan tarik ijin beton (f_{ct}).

7.4.1 Penentuan Dimensi Sloof

Direncanakan untuk sloof yang menghubungkan kolom C1 dan C2 (400 x 600)

$$P_u = 229,865 \text{ ton}$$

$$P_n = 0.1 \times 229,865 = 22,9865 \text{ ton}$$

$$= 229,865 \text{ KN}$$

$$f_r = 0.7 \times \sqrt{f_c'}$$

$$= 0.7 \times \sqrt{24,6062} = 3,4723 \text{ MPa}$$

$$f_{rda} = \frac{P_n}{0.8 \times b \times h}$$

$$= \frac{229865}{0.8 \times 400 \times 600}$$

$$= 1,197 \text{ MPa} < f_r$$

Jadi digunakan sloof dengan dimensi 40 x 60 cm.

7.4.2 Penulangan Lentur Sloof

Data-data perencanaan:

$$\text{Dimensi sloof} = 40 \times 60$$

$$\text{Mutu beton, } f_c' = 24,606 \text{ MPa (K300)}$$

$$\text{Mutu tulangan, } f_y = 320 \text{ MPa}$$

$$\text{Deking (dc)} = 70 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = D25$$

$$\text{Sengkang} = \emptyset 10$$

$$\text{Tinggi efektif (d)} = 600 - 70 - 0.5 \times 25 - 10 = 507.5 \text{ mm}$$

Beban yang diterima sloof:

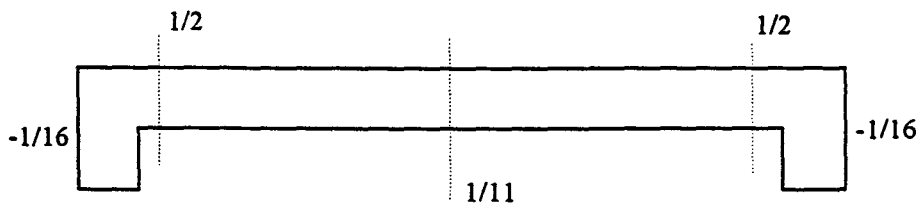
$$\text{berat sendiri sloof} = 0,40 \times 0,6 \times 2400$$

$$= 576 \text{ kg/m'}$$

$$\text{berat tembok} = 250 \times 3,6$$

$$= 900 \text{ kg/m'}$$

Sloof diapit oleh dua poer yang berdekatan sehingga untuk mendapatkan momen dan geser pada sloof dapat menggunakan koefisien momen dan geser dari PBI 71 pasal 13.2, yang mana sloof diasumsikan terjepit elastis pada kolom.



$$M_{lap} = 1/11 \times (1,476) \times 8,4^2 = 9,467869 \text{ t-m}$$

$$M_{tump} = 1/16 \times (1,476) \times 8,4^2 = 6,50916 \text{ t-m}$$

$$R_n = \frac{9,467865 \times 10^7}{0,85 \times 400 \times 507,5^2} = 1,081188 \text{ MPa}$$

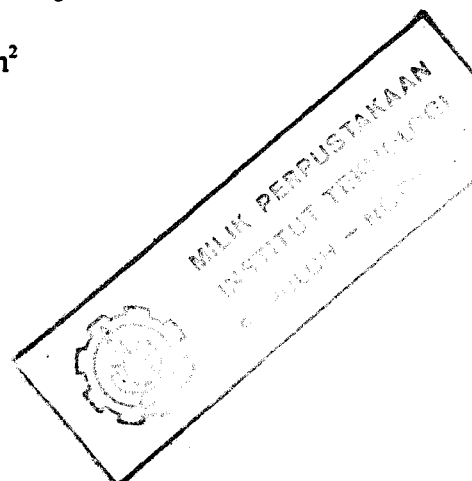
$$m = 15,299$$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,299} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,299 \times 1,081188}{320}} \right] = 0,00347$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,004375 \times 400 \times 507,5 = 888,12514 \text{ mm}^2$$

Digunakan 2D25 ($A_s = 982 \text{ mm}^2$)



7.4.3 Penulangan Geser Dan Torsi Sloof

Penulangan geser sloof sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\
 &= 1/6 \times \sqrt{24,61} \times 400 \times 507.5 \\
 &= 167828,339 \text{ N} \\
 &= 16,7828339 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$0.5 \times V_c = 8,39141697 \text{ ton}$$

$$V_n = 0.5 \times (0,576 + 0,9) \times 8,4 = 6,1992 \text{ ton}$$

$V_n < 0.5 V_c$ (memakai tulangan geser minimum)

digunakan sengkang $\phi 10$ ($A = 78.54 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{A_v \times 3 \times f_y}{b_w} \\
 &= \frac{78.54 \times 2 \times 3 \times 320}{400} \\
 &= 376,092 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$s \text{ max} = d/2 = 253,75$$

Untuk sengkang digunakan $\phi 10-250$

BAB VIII

PENUTUP

Pada akhir penulisan Tugas Akhir ini, penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut :

1. Dalam merencanakan suatu struktur bangunan tingkat tinggi, harus diperhatikan letak konfigurasi struktur bangunan dan tata letak unsur sekunder sehingga persyaratan terhadap gempa dapat dipenuhi. Bila sudah, maka perhitungan struktur boleh dilakukan, tetapi bila tidak maka harus dilakukan suatu modifikasi sehingga dapat memenuhi syarat.
2. Terhadap struktur yang bentuk konfigurasinya sangat tidak beraturan, harus dilakukan dengan suatu analisa statis dan dinamis (minimum lima mode shape) serta tidak perlu lebih dari jumlah lantainya. Untuk bentuk struktur ini disarankan menggunakan analisa struktur tiga dimensi, sehingga kelakuan struktur akibat gempa bisa diketahui.
3. Pemilihan tingkatan daktilitas harus benar-benar mewakili keadaan gedung sesungguhnya. Untuk struktur dengan bentang besar dan tidak tinggi serta struktur yang bentuknya tidak teratur dan kompleks sebaiknya digunakan tingkat daktilitas dua (terbatas).

4. Permodelan struktur terhadap gempa juga harus disesuaikan dengan keadaan yang ada. Jenis struktur yang paling cocok di Indonesia adalah jenis open frame, karena disamping persyaratannya fleksibel terhadap ketinggian juga mutu tembok pasangan bata di Indonesia sekarang masih belum cukup untuk dianggap ikut memikul struktur.
5. Unsur sekunder sedapat mungkin dipisahkan dari struktur utama, karena jika tidak dipisahkan maka kemungkinan besar akan terjadi keruntuhan setempat pada daerah sekitarnya akibat kesalahan idealisasi yang dilakukan. Unsur sekunder boleh tidak dipisahkan dari struktur utama asalkan pada perhitungan struktur utama, unsur sekunder tersebut harus diikutsertakan dalam pendistribusian gaya dalam yang terjadi.
6. Penentuan besarnya tulangan yang dipakai hendaknya disesuaikan dengan yang ada di pasaran. Penggunaan tulangan dengan diameter lebih 25 mm sebaiknya dihindari (kecuali untuk hal khusus) karena kurang ekonomis, membutuhkan panjang penyaluran yang cukup besar dan juga cukup sulit untuk dibengkokkan. Kolom harus direncanakan terhadap momen dua arah (biaksial bending) dengan pemilihan dimensi kolom seekonomis mungkin. Artinya jumlah tulangan yang diperlukan tidak boleh terlalu sedikit (minimum 1%) dan tidak boleh terlalu rapat.
7. Untuk perencanaan shearwall, dalam analisa strukturnya diharapkan mewakili struktur yang ada baik dalam mengetahui perilakunya dalam menerima beban terutama beban gempa, juga dalam perhitungan penulangannya.

8. Untuk perencanaan pondasi, beban yang dipakai adalah beban tidak berfaktor karena dalam menentukan kekuatan pondasi berdasarkan kekuatan tanah telah dipakai Safety Factor. Sedangkan untuk perencanaan pondasi yang menggunakan beban berfaktor penentuan kekuatan pondasi berdasarkan kekuatan tanah tidak usah menggunakan Safety Factor. Kedua hal ini ditujukan agar tidak terjadi pemborosan pada pondasi yang direncanakan.

Tabel 3.3 PERHITUNGAN MOMEN PELAT ATAP

Type Plat	Ly (cm)	Lx (cm)	DL kg/m ²	LL kg/m ²	qu kg/m ²	β	C2	C	Area	Mu (kgm)	Mu (Nmm)
A	610	420	333	100	559.6	1.45238	-56	-54.571	tump-x	-538.69334	-5386933.4
	610	420	333	100	559.6	1.45238	56	54.5714	lap-x	538.693344	5386933.44
	610	420	333	100	559.6	1.45238	-37	-37.476	tump-y	-369.94037	-3699403.7
	610	420	333	100	559.6	1.45238	37	37.4762	lap-y	369.940368	3699403.68
B	660	420	333	100	559.6	1.57143	-58	-57.429	tump-x	-566.89718	-5668971.8
	660	420	333	100	559.6	1.57143	58	57.4286	lap-x	566.897184	5668971.84
	660	420	333	100	559.6	1.57143	-36	-36.286	tump-y	-358.18877	-3581887.7
	660	420	333	100	559.6	1.57143	36	36.2857	lap-y	358.188768	3581887.68
C	610	395	333	100	559.6	1.5443	-58	-56.886	tump-x	-496.68137	-4966813.7
	610	395	333	100	559.6	1.5443	58	56.8861	lap-x	496.681374	4966813.74
	610	395	333	100	559.6	1.5443	-36	-36.557	tump-y	-319.18465	-3191846.5
	610	395	333	100	559.6	1.5443	36	36.557	lap-y	319.184648	3191846.48
D	660	395	333	100	559.6	1.67089	-59	-58.709	tump-x	-512.5964	-5125964
	660	395	333	100	559.6	1.67089	59	58.7089	lap-x	512.596398	5125963.98
	660	395	333	100	559.6	1.67089	-36	-36	tump-y	-314.32172	-3143217.2
	660	395	333	100	559.6	1.67089	36	36	lap-y	314.321724	3143217.24
E	610	510	333	100	559.6	1.19608	-46	-45.843	tump-x	-667.25585	-6672558.5
	610	510	333	100	559.6	1.19608	46	45.8431	lap-x	667.255848	6672558.48
	610	510	333	100	559.6	1.19608	-38	-37.961	tump-y	-552.52666	-5525266.6
	610	510	333	100	559.6	1.19608	38	37.9608	lap-y	552.526656	5525266.56
F	335	280	333	100	559.6	1.19643	-46	-45.857	tump-x	-201.18739	-2011873.9
	335	280	333	100	559.6	1.19643	46	45.8571	lap-x	201.187392	2011873.92
	335	280	333	100	559.6	1.19643	-38	-37.964	tump-y	-166.55934	-1665593.4
	335	280	333	100	559.6	1.19643	38	37.9643	lap-y	166.559344	1665593.44
G	570	330	333	100	559.6	1.72727	-60	-59.273	tump-x	-361.21061	-3612106.1
	570	330	333	100	559.6	1.72727	60	59.2727	lap-x	361.210608	3612106.08
	570	330	333	100	559.6	1.72727	-35	-35.727	tump-y	-217.72357	-2177235.7
	570	330	333	100	559.6	1.72727	35	35.7273	lap-y	217.723572	2177235.72
H	610	300	333	100	559.6	2.03333	-56	-0.1	tump-x	-503.64	-5036400
	610	300	333	100	559.6	2.03333	56	0.08333	lap-x	419.7	4197000
I	660	300	333	100	559.6	2.2	-56	-0.1	tump-x	-503.64	-5036400
	660	300	333	100	559.6	2.2	56	0.08333	lap-x	419.7	4197000

Tabel 3.4 PERHITUNGAN MOMEN PELAT LANTAI

Type Plat	Ly (cm)	Lx (cm)	DL kg/m ²	LL kg/m ²	qu kg/m ²	β	C	Area	Mu (kgm)	Mu (Nmm)
A	610	420	469	250	962.8	1.45238	-54.571	tump-x	-926.829792	-9268297.92
	610	420	469	250	962.8	1.45238	54.5714	lap-x	926.829792	9268297.92
	610	420	469	250	962.8	1.45238	-37.476	tump-y	-636.487824	-6364878.24
	610	420	469	250	962.8	1.45238	37.4762	lap-y	636.487824	6364878.24
B	660	420	469	250	962.8	1.57143	-57.429	tump-x	-975.354912	-9753549.12
	660	420	469	250	962.8	1.57143	57.4286	lap-x	975.354912	9753549.12
	660	420	469	250	962.8	1.57143	-36.286	tump-y	-616.269024	-6162690.24
	660	420	469	250	962.8	1.57143	36.2857	lap-y	616.269024	6162690.24
C	610	395	469	250	962.8	1.5443	-56.886	tump-x	-854.547582	-8545475.82
	610	395	469	250	962.8	1.5443	56.8861	lap-x	854.547582	8545475.82
	610	395	469	250	962.8	1.5443	-36.557	tump-y	-549.161864	-5491618.64
	610	395	469	250	962.8	1.5443	36.557	lap-y	549.161864	5491618.64
D	660	395	469	250	962.8	1.67089	-58.709	tump-x	-881.929614	-8819296.14
	660	395	469	250	962.8	1.67089	58.7089	lap-x	881.929614	8819296.14
	660	395	469	250	962.8	1.67089	-36	tump-y	-540.795132	-5407951.32
	660	395	469	250	962.8	1.67089	36	lap-y	540.795132	5407951.32
E	610	510	469	250	962.8	1.19608	-45.843	tump-x	-1148.02346	-11480234.6
	610	510	469	250	962.8	1.19608	45.8431	lap-x	1148.023464	11480234.64
	610	510	469	250	962.8	1.19608	-37.961	tump-y	-950.630208	-9506302.08
	610	510	469	250	962.8	1.19608	37.9608	lap-y	950.630208	9506302.08
F	335	280	469	250	962.8	1.19643	-45.857	tump-x	-346.145856	-3461458.56
	335	280	469	250	962.8	1.19643	45.8571	lap-x	346.145856	3461458.56
	335	280	469	250	962.8	1.19643	-37.964	tump-y	-286.567792	-2865677.92
	335	280	469	250	962.8	1.19643	37.9643	lap-y	286.567792	2865677.92
G	570	330	469	250	962.8	1.72727	-59.273	tump-x	-621.468144	-6214681.44
	570	330	469	250	962.8	1.72727	59.2727	lap-x	621.468144	6214681.44
	570	330	469	250	962.8	1.72727	-35.727	tump-y	-374.596596	-3745965.96
	570	330	469	250	962.8	1.72727	35.7273	lap-y	374.596596	3745965.96
H	610	300	469	250	962.8	2.03333	-0.1	tump-x	-866.52	-8665200
	610	300	469	250	962.8	2.03333	0.08333	lap-x	722.1	7221000
I	660	300	469	250	962.8	2.2	-0.1	tump-x	-866.52	-8665200
	660	300	469	250	962.8	2.2	0.08333	lap-x	722.1	7221000

Tabel 3.5 PERHITUNGAN MOMEN PELAT LANTAI

Type Plat	Ly (cm)	Lx (cm)	DL kg/m ²	LL kg/m ²	qu kg/m ²	β	C	Area	Mu (kgm)	Mu (Nmm)
A-1	610	420	669	250	1202.8	1.45238	-54.571	tump-x	-1157.86339	-11578633.9
	610	420	669	250	1202.8	1.45238	54.5714	lap-x	1157.863392	11578633.92
	610	420	669	250	1202.8	1.45238	-37.476	tump-y	-795.147024	-7951470.24
	610	420	669	250	1202.8	1.45238	37.4762	lap-y	795.147024	7951470.24
B-1	660	420	669	250	1202.8	1.57143	-57.429	tump-x	-1218.48451	-12184845.1
	660	420	669	250	1202.8	1.57143	57.4286	lap-x	1218.484512	12184845.12
	660	420	669	250	1202.8	1.57143	-36.286	tump-y	-769.888224	-7698882.24
	660	420	669	250	1202.8	1.57143	36.2857	lap-y	769.888224	7698882.24
C-1	610	395	669	250	1202.8	1.5443	-56.886	tump-x	-1067.56318	-10675631.8
	610	395	669	250	1202.8	1.5443	56.8861	lap-x	1067.563182	10675631.82
	610	395	669	250	1202.8	1.5443	-36.557	tump-y	-686.053064	-6860530.64
	610	395	669	250	1202.8	1.5443	36.557	lap-y	686.053064	6860530.64
D-1	660	395	669	250	1202.8	1.67089	-58.709	tump-x	-1101.77081	-11017708.1
	660	395	669	250	1202.8	1.67089	58.7089	lap-x	1101.770814	11017708.14
	660	395	669	250	1202.8	1.67089	-36	tump-y	-675.600732	-6756007.32
	660	395	669	250	1202.8	1.67089	36	lap-y	675.600732	6756007.32
E-1	610	510	669	250	1202.8	1.19608	-45.843	tump-x	-1423.19962	-14231996.2
	610	510	669	250	1202.8	1.19608	45.8431	lap-x	1423.19962	14231996.2
	610	510	669	250	1202.8	1.19608	-37.961	tump-y	-1187.59661	-11875966.1
	610	510	669	250	1202.8	1.19608	37.9608	lap-y	1187.596608	11875966.08
F-1	335	280	669	250	1202.8	1.19643	-45.857	tump-x	-432.430656	-4324306.56
	335	280	669	250	1202.8	1.19643	45.8571	lap-x	432.430656	4324306.56
	335	280	669	250	1202.8	1.19643	-37.964	tump-y	-358.001392	-3580013.92
	335	280	669	250	1202.8	1.19643	37.9643	lap-y	358.001392	3580013.92
G-1	570	330	669	250	1202.8	1.72727	-59.273	tump-x	-776.383344	-7763833.44
	570	330	669	250	1202.8	1.72727	59.2727	lap-x	776.383344	7763833.44
	570	330	669	250	1202.8	1.72727	-35.727	tump-y	-467.973396	-4679733.96
	570	330	669	250	1202.8	1.72727	35.7273	lap-y	467.973396	4679733.96
H-1	610	300	669	250	1202.8	2.03333	-0.1	tump-x	-1082.52	-10825200
	610	300	669	250	1202.8	2.03333	0.08333	lap-x	902.1	9021000
I-1	660	300	669	250	1202.8	2.2	-0.1	tump-x	-1082.52	-10825200
	660	300	669	250	1202.8	2.2	0.08333	lap-x	902.1	9021000

Tabel 3.6 PERHITUNGAN MOMEN PELAT LANTAI

Type Plat	Ly (cm)	Lx (cm)	DL kg/m ²	LL kg/m ²	qu kg/m ²	β	C	Area	Mu (kgm)	Mu (Nmm)
A-2	610	420	869	250	1442.8	1.45238	-54.571	tump-x	-1388.89699	-13888969.9
	610	420	869	250	1442.8	1.45238	54.5714	lap-x	1388.896992	13888969.92
	610	420	869	250	1442.8	1.45238	-37.476	tump-y	-953.806224	-9538062.24
	610	420	869	250	1442.8	1.45238	37.4762	lap-y	953.806224	9538062.24
B-2	660	420	869	250	1442.8	1.57143	-57.429	tump-x	-1417.85078	-14178507.8
	660	420	869	250	1442.8	1.57143	57.4286	lap-x	1417.85078	14178507.8
	660	420	869	250	1442.8	1.57143	-36.286	tump-y	-923.507424	-9235074.24
	660	420	869	250	1442.8	1.57143	36.2857	lap-y	923.507424	9235074.24
C-2	610	395	869	250	1442.8	1.5443	-56.886	tump-x	-1280.57878	-12805787.8
	610	395	869	250	1442.8	1.5443	56.8861	lap-x	1280.578782	12805787.82
	610	395	869	250	1442.8	1.5443	-36.557	tump-y	-822.944264	-8229442.64
	610	395	869	250	1442.8	1.5443	36.557	lap-y	822.944264	8229442.64
D-2	660	395	869	250	1442.8	1.67089	-58.709	tump-x	-1321.61201	-13216120.1
	660	395	869	250	1442.8	1.67089	58.7089	lap-x	1321.612014	13216120.14
	660	395	869	250	1442.8	1.67089	-36	tump-y	-810.406332	-8104063.32
	660	395	869	250	1442.8	1.67089	36	lap-y	810.406332	8104063.32
E-2	610	510	869	250	1442.8	1.19608	-45.843	tump-x	-1720.36586	-17203658.6
	610	510	869	250	1442.8	1.19608	45.8431	lap-x	1720.365864	17203658.64
	610	510	869	250	1442.8	1.19608	-37.961	tump-y	-1424.56301	-14245630.1
	610	510	869	250	1442.8	1.19608	37.9608	lap-y	1424.563008	14245630.08
F-2	335	280	869	250	1442.8	1.19643	-45.857	tump-x	-518.715456	-5187154.56
	335	280	869	250	1442.8	1.19643	45.8571	lap-x	518.715456	5187154.56
	335	280	869	250	1442.8	1.19643	-37.964	tump-y	-429.434992	-4294349.92
	335	280	869	250	1442.8	1.19643	37.9643	lap-y	429.434992	4294349.92
G-2	570	330	869	250	1442.8	1.72727	-59.273	tump-x	-931.298544	-9312985.44
	570	330	869	250	1442.8	1.72727	59.2727	lap-x	931.298544	9312985.44
	570	330	869	250	1442.8	1.72727	-35.727	tump-y	-561.350196	-5613501.96
	570	330	869	250	1442.8	1.72727	35.7273	lap-y	561.350196	5613501.96
H-2	610	300	869	250	1442.8	2.03333	-0.1	tump-x	-1298.52	-12985200
	610	300	869	250	1442.8	2.03333	0.08333	lap-x	1082.1	10821000
I-2	660	300	869	250	1442.8	2.2	-0.1	tump-x	-1298.52	-12985200
	660	300	869	250	1442.8	2.2	0.08333	lap-x	1082.1	10821000

Tabel 3.7 PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT ATAP

Mutu Beton = K300 ρ min = 0.004375
 Mutu Baja = U32 ρ max = 0.026
 Tebal Plat = 10 cm

Type Plat	Daerah	Moment (N.mm)	Penulangan pada arah X					Moment (N.mm)	Penulangan pada arah Y				
			Rn (N/mm ²)	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Tulangan		Rn (N/mm ²)	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Tulangan
A	Tumpuan	5386933	1.197096	0.00385	0.00438	328.125	Ø10 -200	3699404	1.094498	0.00351	0.00438	284.375	Ø10 -200
	Lapangan	5386933	1.197096	0.00385	0.00438	328.125	Ø10 -200	3699404	1.094498	0.00351	0.00438	284.375	Ø10 -200
B	Tumpuan	5668972	1.259772	0.00406	0.00438	328.125	Ø10 -200	3581888	1.05973	0.0034	0.00438	284.375	Ø10 -200
	Lapangan	5668972	1.259772	0.00406	0.00438	328.125	Ø10 -200	3581888	1.05973	0.0034	0.00438	284.375	Ø10 -200
C	Tumpuan	4966814	1.103736	0.00355	0.00438	328.125	Ø10 -200	3191846	0.944333	0.00302	0.00438	284.375	Ø10 -200
	Lapangan	4966814	1.103736	0.00355	0.00438	328.125	Ø10 -200	3191846	0.944333	0.00302	0.00438	284.375	Ø10 -200
D	Tumpuan	5125964	1.139103	0.00366	0.00438	328.125	Ø10 -200	3143217	0.929946	0.00297	0.00438	284.375	Ø10 -200
	Lapangan	5125964	1.139103	0.00366	0.00438	328.125	Ø10 -200	3143217	0.929946	0.00297	0.00438	284.375	Ø10 -200
E	Tumpuan	6672558	1.482791	0.00481	0.00481	360.808	Ø10 -200	5525267	1.634694	0.00533	0.00533	346.149	Ø10 -200
	Lapangan	6672558	1.482791	0.00481	0.00481	360.808	Ø10 -200	5525267	1.634694	0.00533	0.00533	346.149	Ø10 -200
F	Tumpuan	2011874	0.447083	0.00141	0.00438	328.125	Ø10 -200	1665593	0.492779	0.00156	0.00438	284.375	Ø10 -200
	Lapangan	2011874	0.447083	0.00141	0.00438	328.125	Ø10 -200	1665593	0.492779	0.00156	0.00438	284.375	Ø10 -200
G	Tumpuan	3612106	0.80269	0.00256	0.00438	328.125	Ø10 -200	2177236	0.644153	0.00204	0.00438	284.375	Ø10 -200
	Lapangan	3612106	0.80269	0.00256	0.00438	328.125	Ø10 -200	2177236	0.644153	0.00204	0.00438	284.375	Ø10 -200
H	Tumpuan	4197000	0.932667	0.00298	0.00438	328.125	Ø10 -200	0	0	0			
	Lapangan	4197000	0.932667	0.00298	0.00438	328.125	Ø10 -200	0	0	0			
I	Tumpuan	4197000	0.932667	0.00298	0.00438	328.125	Ø10 -200	0	0	0			
	Lapangan	4197000	0.932667	0.00298	0.00438	328.125	Ø10 -200	0	0	0			

Keterangan : Tulangan susut dan suhu Ø 10 - 200

Tabel 3.8 PERHITUNGAN PENULANGAN PLAT LANTAI

Mutu Beton = K300 $\rho_{min} = 0.004375$
 Mutu Baja = U32 $\rho_{max} = 0.026$
 Tebal Plat = 13,5 cm

Type Plat	Daerah	Moment (N.mm)	Penulangan pada arah X					Moment (N.mm)	Penulangan pada arah Y				
			Rn (N/mm ²)	ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As perlu (mm ²)	Tulangan		Rn (N/mm ²)	ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As perlu (mm ²)	Tulangan
A	Tumpuan	9268298	0.957469	0.00306	0.00438	481.25	Ø10 -150	6364878	0.79561	0.00254	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	9268298	0.957469	0.00306	0.00438	481.25	Ø10 -150	6364878	0.79561	0.00254	0.00438	437.5	Ø10 -150
B	Tumpuan	9753549	1.007598	0.00323	0.00438	481.25	Ø10 -150	6162690	0.770336	0.00245	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	9753549	1.007598	0.00323	0.00438	481.25	Ø10 -150	6162690	0.770336	0.00245	0.00438	437.5	Ø10 -150
C	Tumpuan	8545476	0.882797	0.00282	0.00438	481.25	Ø10 -150	5491619	0.686452	0.00218	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	8545476	0.882797	0.00282	0.00438	481.25	Ø10 -150	5491619	0.686452	0.00218	0.00438	437.5	Ø10 -150
D	Tumpuan	8819296	0.911084	0.00291	0.00438	481.25	Ø10 -150	5407951	0.675994	0.00215	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	8819296	0.911084	0.00291	0.00438	481.25	Ø10 -150	5407951	0.675994	0.00215	0.00438	437.5	Ø10 -150
E	Tumpuan	11480235	1.185975	0.00382	0.00438	481.25	Ø10 -150	9506302	1.188288	0.00383	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	1.1E+07	1.185975	0.00382	0.00438	481.25	Ø10 -150	9506302	1.188288	0.00383	0.00438	437.5	Ø10 -150
F	Tumpuan	3461459	0.357589	0.00113	0.00438	481.25	Ø10 -150	2865678	0.35821	0.00113	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	3461459	0.357589	0.00113	0.00438	481.25	Ø10 -150	2865678	0.35821	0.00113	0.00438	437.5	Ø10 -150
G	Tumpuan	6214681	0.642013	0.00204	0.00438	481.25	Ø10 -150	3745966	0.468246	0.00148	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	6214681	0.642013	0.00204	0.00438	481.25	Ø10 -150	3745966	0.468246	0.00148	0.00438	437.5	Ø10 -150
H	Tumpuan	7221000	0.745971	0.00237	0.00438	481.25	Ø10 -150	0	0	0			
	Lapangan	7221000	0.745971	0.00237	0.00438	481.25	Ø10 -150	0	0	0			
I	Tumpuan	7221000	0.745971	0.00237	0.00438	481.25	Ø10 -150	0	0	0			
	Lapangan	7221000	0.745971	0.00237	0.00438	481.25	Ø10 -150	0	0	0			

Keterangan : Tulangan susut dan suhu θ 10 - 250

Tabel 3.9 PERHITUNGAN PENULANGAN PLAT LANTAI

Mutu Beton = K300 $\rho_{min} = 0.004375$
 Mutu Baja = U32 $\rho_{max} = 0.026$
 Tebal Plat = 13,5 cm

Type Plat	Daerah	Moment (N.mm)	Penulangan pada arah X					Moment (N.mm)	Penulangan pada arah Y				
			Rn (N/mm ²)	ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As perlu (mm ²)	Tulangan		Rn (N/mm ²)	ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As perlu (mm ²)	Tulangan
A-1	Tumpuan	1.2E+07	1.19614	0.00385	0.00438	481.25	Ø10 -150	7951470	0.993934	0.00318	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	1.2E+07	1.19614	0.00385	0.00438	481.25	Ø10 -150	7951470	0.993934	0.00318	0.00438	437.5	Ø10 -150
B-1	Tumpuan	12184845	1.258765	0.00406	0.00438	481.25	Ø10 -150	7698882	0.96236	0.00308	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	1.2E+07	1.258765	0.00406	0.00438	481.25	Ø10 -150	7698882	0.96236	0.00308	0.00438	437.5	Ø10 -150
C-1	Tumpuan	10675632	1.102855	0.00354	0.00438	481.25	Ø10 -150	6860531	0.857566	0.00274	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	1.1E+07	1.102855	0.00354	0.00438	481.25	Ø10 -150	6860531	0.857566	0.00274	0.00438	437.5	Ø10 -150
D-1	Tumpuan	11017708	1.138193	0.00366	0.00438	481.25	Ø10 -150	6756007	0.844501	0.00269	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	1.1E+07	1.138193	0.00366	0.00438	481.25	Ø10 -150	6756007	0.844501	0.00269	0.00438	437.5	Ø10 -150
E-1	Tumpuan	14231996	1.470248	0.00477	0.00477	524.532	Ø10 -150	11875966	1.484496	0.00482	0.00482	481.652	Ø10 -150
	Lapangan	1.4E+07	1.470248	0.00477	0.00477	524.532	Ø10 -150	1.2E+07	1.484496	0.00482	0.00482	481.652	Ø10 -150
F-1	Tumpuan	4324307	0.446726	0.00141	0.00438	481.25	Ø10 -150	3580014	0.447502	0.00141	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	4324307	0.446726	0.00141	0.00438	481.25	Ø10 -150	3580014	0.447502	0.00141	0.00438	437.5	Ø10 -150
G-1	Tumpuan	7763833	0.802049	0.00256	0.00438	481.25	Ø10 -150	4679734	0.584967	0.00185	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	7763833	0.802049	0.00256	0.00438	481.25	Ø10 -150	4679734	0.584967	0.00185	0.00438	437.5	Ø10 -150
H-1	Tumpuan	9021000	0.931921	0.00298	0.00438	481.25	Ø10 -150	0	0	0			
	Lapangan	9021000	0.931921	0.00298	0.00438	481.25	Ø10 -150	0	0	0			
I-1	Tumpuan	9021000	0.931921	0.00298	0.00438	481.25	Ø10 -150	0	0	0			
	Lapangan	9021000	0.931921	0.00298	0.00438	481.25	Ø10 -150	0	0	0			

Keterangan : Tulangan susut dan suhu Ø 10 - 250

Tabel 3.10 PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT LANTAI

Mutu Beton = K300 ρ min = 0.004375
 Mutu Baja = U32 ρ max = 0.026
 Tebal Plat = 13.5 cm

Type Plat	Daerah	Moment (N.mm)	Penulangan pada arah X					Moment (N.mm)	Penulangan pada arah Y				
			Rn (N/mm ²)	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Tulangan		Rn (N/mm ²)	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Tulangan
A-2	Tumpuan	1.4E+07	1.434811	0.00465	0.00465	511.405	Ø10 -150	9538062	1.192258	0.00384	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	1.4E+07	1.434811	0.00465	0.00465	511.405	Ø10 -150	9538062	1.192258	0.00384	0.00438	437.5	Ø10 -150
B-2	Tumpuan	14178508	1.464722	0.00475	0.00475	522.483	Ø10 -150	9235074	1.154384	0.00371	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	1.4E+07	1.464722	0.00475	0.00475	522.483	Ø10 -150	9235074	1.154384	0.00371	0.00438	437.5	Ø10 -150
C-2	Tumpuan	12805788	1.322912	0.00427	0.00438	481.25	Ø10 -150	8229443	1.02868	0.0033	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	1.3E+07	1.322912	0.00427	0.00438	481.25	Ø10 -150	8229443	1.02868	0.0033	0.00438	437.5	Ø10 -150
D-2	Tumpuan	13216120	1.365302	0.00442	0.00442	485.731	Ø10 -150	8104063	1.013008	0.00325	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	1.3E+07	1.365302	0.00442	0.00442	485.731	Ø10 -150	8104063	1.013008	0.00325	0.00438	437.5	Ø10 -150
E-2	Tumpuan	17203659	1.777237	0.00581	0.00581	639.354	Ø10 -150	14245630	1.780704	0.00582	0.00582	582.42	Ø10 -150
	Lapangan	1.7E+07	1.777237	0.00581	0.00581	639.354	Ø10 -150	1.4E+07	1.780704	0.00582	0.00582	582.42	Ø10 -150
F-2	Tumpuan	5187155	0.535863	0.0017	0.00438	481.25	Ø10 -150	4294350	0.536794	0.0017	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	5187155	0.535863	0.0017	0.00438	481.25	Ø10 -150	4294350	0.536794	0.0017	0.00438	437.5	Ø10 -150
G-2	Tumpuan	9312985	0.962085	0.00308	0.00438	481.25	Ø10 -150	5613502	0.701688	0.00223	0.00438	437.5	Ø10 -150
	Lapangan	9312985	0.962085	0.00308	0.00438	481.25	Ø10 -150	5613502	0.701688	0.00223	0.00438	437.5	Ø10 -150
H-2	Tumpuan	10821000	1.117872	0.00359	0.00438	481.25	Ø10 -150	0	0	0			
	Lapangan	1.1E+07	1.117872	0.00359	0.00438	481.25	Ø10 -150	0	0	0			
I-2	Tumpuan	10821000	1.117872	0.00359	0.00438	481.25	Ø10 -150	0	0	0			
	Lapangan	1.1E+07	1.117872	0.00359	0.00438	481.25	Ø10 -150	0	0	0			

Keterangan : Tulangan susut dan suhu Ø 10 - 250

Tabel 4.1 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

Mutu beton = K300 Tebal plat = 15 cm

Mutu baja = U32

Daerah	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As perlu (cm ²)	Tulangan (cm)	As ada (cm ²)
Bordes I	4557.53	3.82754	0.01332	0.01332	16.24786	D16 - 100	20.11
	756.87	0.63564	0.00202	0.00438	5.425	D16 - 200	10.05
	2089.59	1.7549	0.00574	0.00574	7.112297	D16 - 200	10.05
Plat	3914.02	1.64355	0.00536	0.00536	6.640835	D16 - 200	10.05
	3294.85	1.38355	0.00448	0.00448	5.551397	D16 - 200	10.05
Bordes J	1941.39	0.81522	0.0026	0.00438	5.425	D16 - 200	10.05

Input Sap Tangga

ANALISA STRUKTUR TANGGA HOTEL SAHID SOLO SEBAGAI FRAME (KG-M)
SYSTEM

L=2

:

JOINTS

1 X=0 Z=0
2 X=2 Z=0
3 X=4.6 Z=1.8
4 X=6.1 Z=1.8

:

RESTRAINTS

1,4,1 R=0,0,0,0,0,0 :
1,1,0 R=1,1,1,1,1,1 : TUMPUAN JEPIT
4,4,0 R=0,1,1,1,0,1 : TUMPUAN ROL

:

FRAME

NM=2 NL=3 Z=-1 NSEC=3
1 B=1.4 D=0.223997 E=2.331408E9 : PELAT TANGGA
2 B=1.4 D=0.15 E=2.331408E9 : PELAT BORDES
1 WG=0,0,-471 : BEBAN MATI BORDES
2 WG=0,0,-300 : BEBAN HIDUP BORDES & TANGGA
3 WG=0,0,-800.49 : BEBAN MATI TANGGA
1,2,1 M=2 LP=2,0 NSL=1,2
2,3,2 M=1 LP=2,0 NSL=3,2
3,4,3 M=2 LP=2,0 NSL=1,2

:

COMBO

1 C=1,0
2 C=0,1
3 C=1,2,1.6

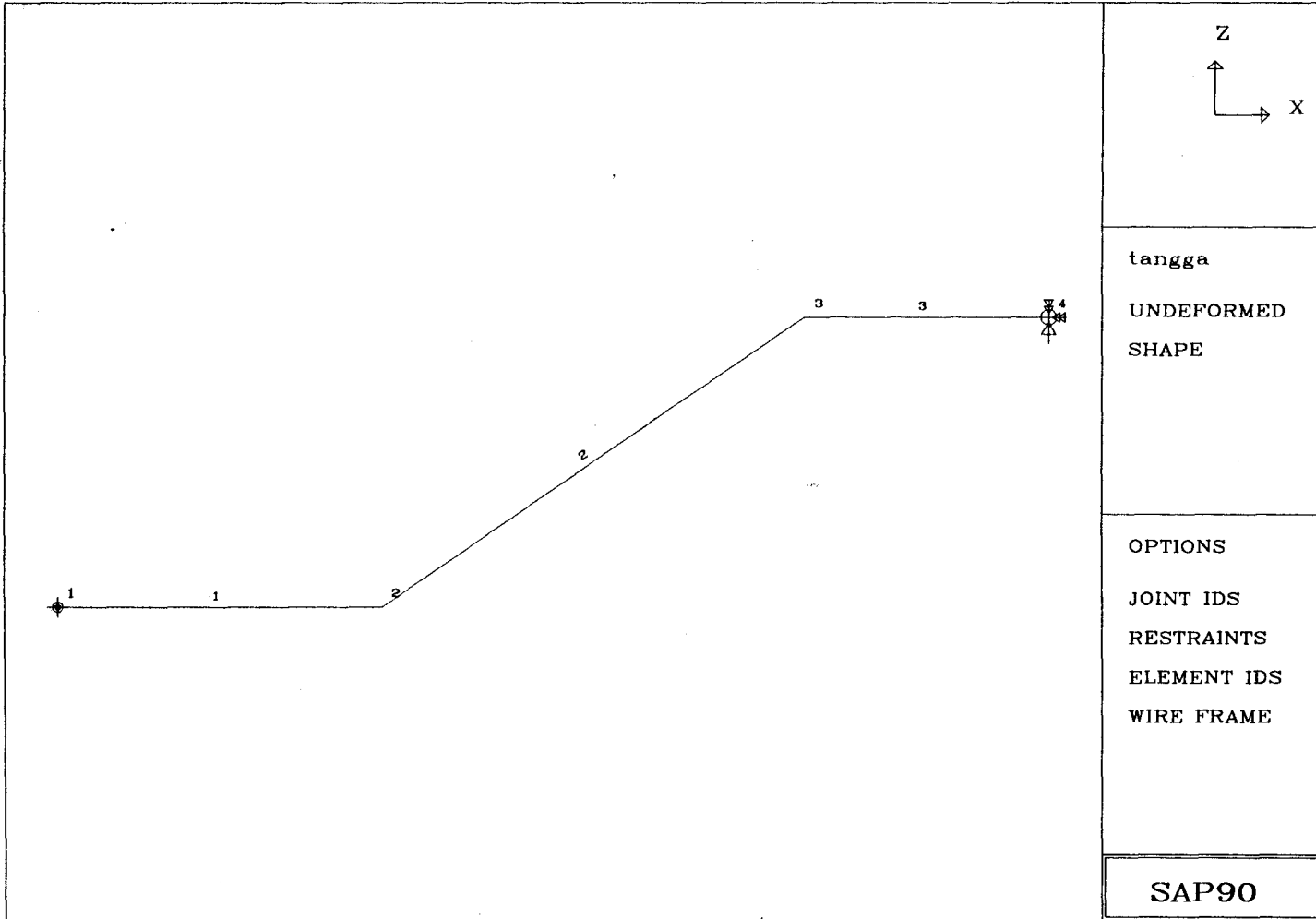
:

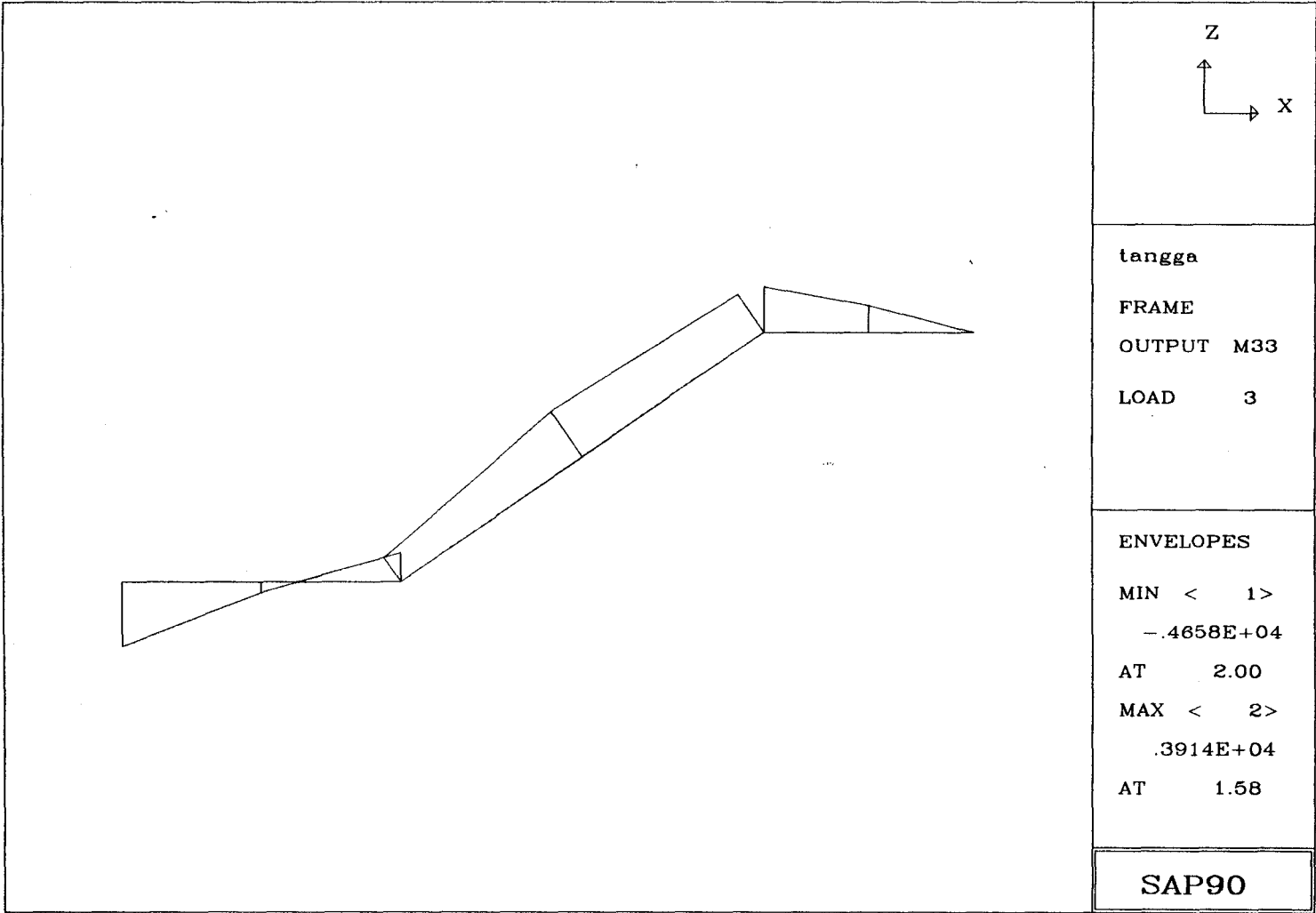
Output Sap Tangga

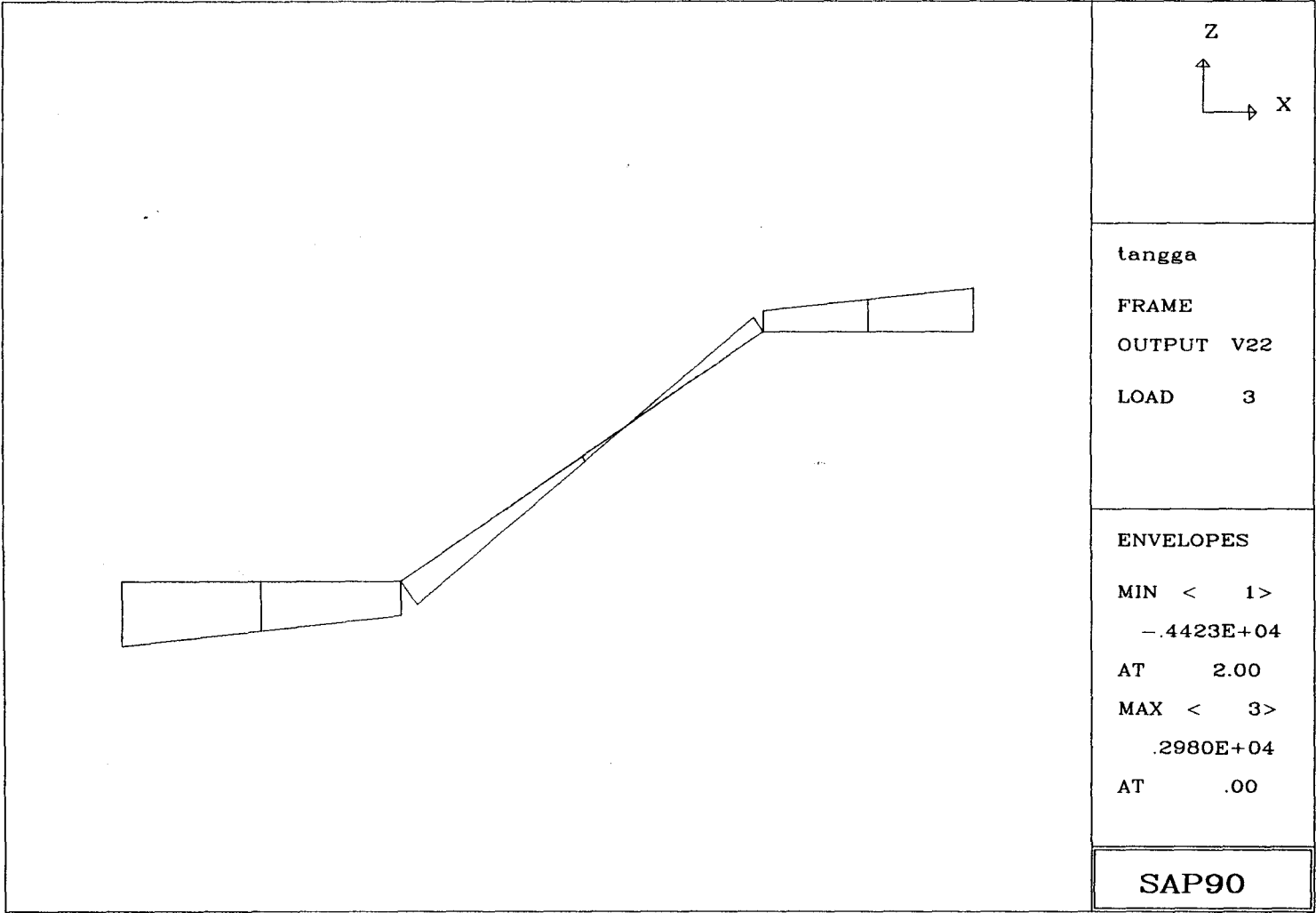
ANALISA STRUKTUR TANGGA HOTEL SAHID SOLO SEBAGAI FRAME (KG-M)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COMB	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE		1-3 PLANE		AXIAL TORQ
				SHEAR	MOMENT	SHEAR	MOMENT	
1								
1		.00	.0	-1282.01	1101.22			
			1.0	-1753.01	-416.28			
			2.0	-2224.01	-2404.79			
2		.00	.0	-496.54	485.71			
			1.0	-796.54	-160.83			
			2.0	-1096.54	-1107.36			
3		.00	.0	-2332.86	2098.59			
			1.0	-3378.06	-756.87			
			2.0	-4423.26	-4657.53			
2								
1		-137.39	.0	657.15	1728.78			
			1.6	-198.45	2091.41			
			3.2	-1054.05	1101.22			
2		-60.64	.0	233.06	762.70			
			1.6	-87.59	877.70			
			3.2	-408.25	485.71			
3		-261.89	.0	1161.48	3294.85			
			1.6	-378.29	3914.02			
			3.2	-1918.06	2098.59			
3								
1		.00	.0	1505.77	.00			
			.8	1152.52	996.86			
			1.5	799.27	1728.78			
2		.00	.0	733.46	.00			
			.8	508.46	465.72			
			1.5	283.46	762.70			
3		.00	.0	2980.47	.00			
			.8	2196.57	1941.39			
			1.5	1412.67	3294.85			







Tabel 4.2 Perhitungan Pembebanan Balok Anak Lantai Atap

Balok anak	Ukuran b x h (m)	L (m)	Area	qek - DL (kg/m)	qek - LL (kg/m)	Berat sendiri (kg/m)	Berat tembok (kg/m)	q - DL (kg/m)	q - LL (kg/m)	qu (kg/m)	V - DL (kg)	V - LL (kg)
ba1	0.2 x 0.35	6.1	tump	1177.59	353.6314	168		1345.59	353.6314	2180.518	4104.05	1078.576
			lap	1177.59	353.6314	168		1345.59	353.6314	2180.518	0	0
			tump	1177.59	353.6314	168		1345.59	353.6314	2180.518	4104.05	1078.576
		6.6	tump	1209.81	363.306	168		1377.81	363.306	2234.662	4546.774	1198.91
			lap	1209.81	363.306	168		1377.81	363.306	2234.662	0	0
			tump	1209.81	363.306	168		1377.81	363.306	2234.662	4546.774	1198.91
		6.1	tump	1177.59	353.6314	168		1345.59	353.6314	2180.518	4104.05	1078.576
			lap	1177.59	353.6314	168		1345.59	353.6314	2180.518	0	0
			tump	1177.59	353.6314	168		1345.59	353.6314	2180.518	4104.05	1078.576
ba2	0.2 x 0.35	6.1	tump	1131.506	339.7915	168		1299.506	339.7915	2103.073	3963.492	1036.364
			lap	1131.506	339.7915	168		1299.506	339.7915	2103.073	0	0
			tump	1131.506	339.7915	168		1299.506	339.7915	2103.073	3963.492	1036.364
		6.6	tump	1158.306	173.9198	168		1326.306	173.9198	1869.839	4376.809	573.9353
			lap	1158.306	173.9198	168		1326.306	173.9198	1869.839	0	0
			tump	1158.306	173.9198	168		1326.306	173.9198	1869.839	4376.809	573.9353
ba3	0.15 x 0.3	3.35	tump	1008.938	302.9843	108		1116.938	302.9843	1825.1	1870.87	507.4986
			lap	1008.938	302.9843	108		1116.938	302.9843	1825.1	0	0
ba4	0.2 x 0.3	5.7	tump	976.1247	293.1306	144		1120.125	293.1306	1813.159	3192.355	835.4221
			lap	976.1247	293.1306	144		1120.125	293.1306	1813.159	0	0
ba5	0.15 x 0.2	3	tump	0	0	72	900	972	0	1166.4	1458	0
			lap	0	0	72	900	972	0	1166.4	0	0

Tabel 4.3 Perhitungan Pembebanan Balok Anak Lantai Typical (3-7)

Balok anak	Ukuran b x h (m)	L (m)	Area	qek - DL (kg/m)	qek - LL (kg/m)	Berat sendiri (kg/m)	Berat tembok (kg/m)	q - DL (kg/m)	q - LL (kg/m)	qu (kg/m)	V - DL (kg)	V - LL (kg)		
ba1	0.3 x 0.5	6.1	tump	1182.897	442.0393	360		1542.897	442.0393	2558.739	4705.836	1348.22		
			lap	1182.897	442.0393	360		1542.897	442.0393	2558.739	0	0		
			tump	1182.897	442.0393	360		1542.897	442.0393	2558.739	4705.836	1348.22		
		6.6	tump	3157.132	908.2659	360		3517.132	908.2659	5673.784	11606.54	2997.277		
			lap	3157.132	908.2659	360		3517.132	908.2659	5673.784	0	0		
			tump	3157.132	908.2659	360		3517.132	908.2659	5673.784	11606.54	2997.277		
		6.1	tump	2365.794	884.0785	360		2725.794	884.0785	4685.479	8313.672	2696.439		
			lap	2365.794	884.0785	360		2725.794	884.0785	4685.479	0	0		
			tump	2365.794	884.0785	360		2725.794	884.0785	4685.479	8313.672	2696.439		
ba2	0.3 x 0.5	6.1	tump	2273.205	849.4787	360		2633.205	849.4787	4519.012	8031.275	2590.91		
			lap	2273.205	849.4787	360		2633.205	849.4787	4519.012	0	0		
			tump	2273.205	849.4787	360		2633.205	849.4787	4519.012	8031.275	2590.91		
		6.6	tump	3022.726	869.5989	360		3382.726	869.5989	5450.629	11163	2869.676		
			lap	3022.726	869.5989	360		3382.726	869.5989	5450.629	0	0		
			tump	3022.726	869.5989	360		3382.726	869.5989	5450.629	11163	2869.676		
		ba3	0.15 x 0.3	3.35	tump	1420.936	757.4607	108		1528.936	757.4607	3046.661	2560.968	1268.747
					lap	1420.936	757.4607	108		1528.936	757.4607	3046.661	0	0
		ba4	0.25 x 0.4	5.7	tump	1374.782	732.8264	240		1614.782	732.8264	3110.261	4602.13	2088.555
lap	1374.782				732.8264	240		1614.782	732.8264	3110.261	0	0		
ba5	0.15 x 0.2	3	tump	0	0	72	900	972	0	1166.4	1458	0		
			lap	0	0	72	900	972	0	1166.4	0	0		
ba6	0.2 x 0.3	6.1	tump	0	0	144	900	1044	0	1252.8	3184.2	0		
			lap	0	0	144	900	1044	0	1252.8	0	0		

Tabel 4.4 Perhitungan Pembebanan Balok Anak Lantai 2

Balok anak	Ukuran b x h (m)	L (m)	Area	qek - DL (kg/m)	qek - LL (kg/m)	Berat sendiri (kg/m)	Berat tembok (kg/m)	q - DL (kg/m)	q - LL (kg/m)	qu (kg/m)	V - DL (kg)	V - LL (kg)
ba1	0.3 x 0.5	6.1	tump	829.2657	442.0393	360		1189.266	442.0393	2134.382	3627.26	1348.22
			lap	829.2657	442.0393	360		1189.266	442.0393	2134.382	0	0
			tump	829.2657	442.0393	360		1189.266	442.0393	2134.382	3627.26	1348.22
		6.6	tump	2430.519	908.2659	360		2790.519	908.2659	4801.849	9208.714	2997.277
			lap	2430.519	908.2659	360		2790.519	908.2659	4801.849	0	0
			tump	2430.519	908.2659	360		2790.519	908.2659	4801.849	9208.714	2997.277
		6.1	tump	1658.521	884.0785	360		2018.521	884.0785	3836.751	6156.49	2696.439
			lap	1658.521	884.0785	360		2018.521	884.0785	3836.751	0	0
			tump	1658.521	884.0785	360		2018.521	884.0785	3836.751	6156.49	2696.439
ba2	0.3 x 0.5	6.1	tump	1593.622	849.478	360		1953.622	849.478	3703.511	5958.547	2590.908
			lap	1593.622	849.478	360		1953.622	849.478	3703.511	0	0
			tump	1593.622	849.478	360		1953.622	849.478	3703.511	5958.547	2590.908
		6.6	tump	2327.047	869.5989	360		2687.047	869.5989	4615.814	8867.254	2869.676
			lap	2327.047	869.5989	360		2687.047	869.5989	4615.814	0	0
			tump	2327.047	869.5989	360		2687.047	869.5989	4615.814	8867.254	2869.676
ba3	0.15 x 0.3	3.35	tump	1420.936	757.4607	108		1528.936	757.4607	3046.661	2560.968	1268.747
			lap	1420.936	757.4607	108		1528.936	757.4607	3046.661	0	0
ba4	0.25 x 0.4	5.7	tump	1374.782	732.8264	240		1614.782	732.8264	3110.261	4602.13	2088.555
			lap	1374.782	732.8264	240		1614.782	732.8264	3110.261	0	0
ba5	0.15 x 0.2	3	tump	0	0	72	1125	1197	0	1436.4	1795.5	0
			lap	0	0	72	1125	1197	0	1436.4	0	0
ba6	0.2 x 0.3	6.1	tump	0	0	144	1125	1269	0	1522.8	3870.45	0
			lap	0	0	144	1125	1269	0	1522.8	0	0

Tabel 4.5 Perhitungan Pembebanan Balok Anak Lantai 1

Balok anak	Ukuran b x h (m)	L (m)	Area	qek - DL (kg/m)	qek - LL (kg/m)	Berat sendiri (kg/m)	Berat tembok (kg/m)	q - DL (kg/m)	q - LL (kg/m)	qu (kg/m)	V - DL (kg)	V - LL (kg)
ba1	0.3 x 0.5	6.1	tump	829.2657	442.0393	360		1189.266	442.0393	2134.382	3627.26	1348.22
			lap	829.2657	442.0393	360		1189.266	442.0393	2134.382	0	0
			tump	829.2657	442.0393	360		1189.266	442.0393	2134.382	3627.26	1348.22
		6.6	tump	1703.907	908.2659	360		2063.907	908.2659	3929.914	6810.892	2997.277
			lap	1703.907	908.2659	360		2063.907	908.2659	3929.914	0	0
			tump	1703.907	908.2659	360		2063.907	908.2659	3929.914	6810.892	2997.277
		6.1	tump	1658.521	884.0785	360		2018.521	884.0785	3836.751	6156.49	2696.439
			lap	1658.521	884.0785	360		2018.521	884.0785	3836.751	0	0
			tump	1658.521	884.0785	360		2018.521	884.0785	3836.751	6156.49	2696.439
ba2	0.3 x 0.5	6.1	tump	1593.622	849.4787	360		1953.622	849.4787	3703.512	5958.547	2590.91
			lap	1593.622	849.4787	360		1953.622	849.4787	3703.512	0	0
			tump	1593.622	849.4787	360		1953.622	849.4787	3703.512	5958.547	2590.91
		6.6	tump	1631.368	869.5989	360		1991.368	869.5989	3780.999	6571.513	2869.676
			lap	1631.368	869.5989	360		1991.368	869.5989	3780.999	0	0
			tump	1631.368	869.5989	360		1991.368	869.5989	3780.999	6571.513	2869.676
ba3	0.15 x 0.3	3.35	tump	1420.936	757.4607	108		1528.936	757.4607	3046.661	2560.968	1268.747
			lap	1420.936	757.4607	108		1528.936	757.4607	3046.661	0	0
ba4	0.25 x 0.4	5.7	tump	1374.782	732.8264	240		1614.782	732.8264	3110.261	4602.13	2088.555
			lap	1374.782	732.8264	240		1614.782	732.8264	3110.261	0	0
ba5	0.15 x 0.2	3	tump	0	0	72	1125	1197	0	1436.4	1795.5	0
			lap	0	0	72	1125	1197	0	1436.4	0	0
ba6	0.2 x 0.3	6.1	tump	0	0	144	1125	1269	0	1522.8	3870.45	0
			lap	0	0	144	1125	1269	0	1522.8	0	0

Tabel 4.6 Perhitungan Penulangan Lentur Balok Anak Lantai Atap

Mutu Beton = K300 $d_c = 40 \text{ mm}$ $\delta = 0.5$
 Mutu Baja = U32 $\phi = 0.8$

Balok anak	Ukuran b x h (m)	L (m)	Area	qu (kg/m)	koef momen	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	$\rho-p'$	ρ'	ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As perlu (cm ²)	A/ perlu (cm ²)	As Total (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	A/ perlu (cm ²)	As' Total (cm ²)	Tulangan	
ba1	0.2 x 0.35	6.1	tump	2180.518	1/24	3380.7118	1.2519	0.004	0.0049	0.009	0.009	5.204	0.257	5.461	2 D 19	2.602	0.257	2.859	2 D 19	
			lap	2180.518	1/12	6761.4236	2.5038	0.0084	0.0098	0.0182	0.0182	10.57	0.257	10.83	4 D 19	5.287	0.257	5.544	2 D 19	
			tump	2180.518	1/12	6761.4236	2.5038	0.0084	0.0098	0.0182	0.0182	10.57	0.257	10.83	4 D 19	5.287	0.257	5.544	2 D 19	
			6.6	tump	2234.662	1/12	8111.8223	3.0038	0.0102	0.0118	0.022	0.022	12.77	0.257	13.03	5 D 19	6.387	0.257	6.643	3 D 19
			lap	2234.662	1/14	6952.9905	2.5747	0.0086	0.0101	0.0187	0.0187	10.88	0.257	11.14	4 D 19	5.442	0.257	5.699	3 D 19	
			tump	2234.662	1/12	8111.8223	3.0038	0.0102	0.0118	0.022	0.022	12.77	0.257	13.03	5 D 19	6.387	0.257	6.643	3 D 19	
			6.1	tump	2180.518	1/12	6761.4236	2.5038	0.0084	0.0098	0.0182	0.0182	10.57	0.257	10.83	4 D 19	5.287	0.257	5.544	2 D 19
			lap	2180.518	1/12	6761.4236	2.5038	0.0084	0.0098	0.0182	0.0182	10.57	0.257	10.83	4 D 19	5.287	0.257	5.544	2 D 19	
			tump	2180.518	1/24	3380.7118	1.2519	0.004	0.0049	0.009	0.009	5.204	0.257	5.461	2 D 19	2.602	0.257	2.859	2 D 19	
ba2	0.2 x 0.35	6.1	tump	2103.073	1/24	3260.6397	1.2074	0.0039	0.0047	0.0086	0.0086	5.016	0.257	5.273	2 D 19	2.508	0.257	2.765	2 D 19	
			lap	2103.073	1/12	6521.2795	2.4149	0.008	0.0095	0.0175	0.0175	10.19	0.257	10.44	4 D 19	5.093	0.257	5.35	2 D 19	
			tump	2103.073	1/10	7825.5353	2.8978	0.0098	0.0114	0.0212	0.0212	12.3	0.257	12.56	5 D 19	6.152	0.257	6.409	3 D 19	
			6.6	tump	1869.839	1/10	8145.0167	3.0161	0.0102	0.0119	0.0221	0.0221	12.83	0.257	13.08	5 D 19	6.414	0.257	6.671	3 D 19
			lap	1869.839	1/12	6787.5139	2.5134	0.0084	0.0099	0.0183	0.0183	10.62	0.257	10.87	4 D 19	5.308	0.257	5.565	2 D 19	
tump	1869.839	1/24	3393.7569	1.2567	0.0041	0.0049	0.009	0.009	5.224	0.257	5.481	2 D 19	2.612	0.257	2.869	2 D 19				
ba3	0.15 x 0.3	3.35	tump	1825.1	1/16	1280.1365	0.9108	0.0029	0.0037	0.0067	0.0067	2.416	0.141	2.556	2 D 16	1.208	0.141	1.348	2 D 16	
			lap	1825.1	1/11	1862.0167	1.3248	0.0043	0.0054	0.0097	0.0097	3.53	0.141	3.671	2 D 16	1.765	0.141	1.906	2 D 16	
ba4	0.2 x 0.3	5.7	tump	1813.159	1/16	3681.8451	1.9892	0.0065	0.0083	0.0148	0.0148	7.121	0.222	7.343	3 D 19	3.56	0.222	3.783	2 D 19	
			lap	1813.159	1/11	5355.411	2.8934	0.0098	0.012	0.0218	0.0218	10.48	0.222	10.7	4 D 19	5.24	0.222	5.462	2 D 19	
ba5	0.15 x 0.2	3	tump	1166.4	1/16	656.1	1.3558	0.0044	0.0072	0.0115	0.0115	2.459	0.089	2.548	2 D 16	1.23	0.089	1.318	2 D 16	
			lap	1166.4	1/11	954.32727	1.972	0.0065	0.0104	0.0169	0.0169	3.6	0.089	3.689	2 D 16	1.8	0.089	1.889	2 D 16	

Tabel 4.7 Perhitungan Penulangan Lentur Balok Anak Lantai Typical (3-7)

Mutu Beton = K300 $d_c = 40 \text{ mm}$ $\delta = 0.5$
 Mutu Baja = U32 $\phi = 0.8$

Balok anak	Ukuran b x h (m)	L (m)	Area	qu (kg/m)	koef momen	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	$\rho - \rho'$	ρ'	pperlu	ppakai	As perlu (cm ²)	Al perlu (cm ²)	As Total (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Al' perlu (cm ²)	As' Total (cm ²)	Tulangan
ba1	0.3 x 0.5	6.1	tump	2558.739	1/24	3967.1121	0.4259	0.0013	0.0015	0.0029	0.0044	5.782	0.646	6.427	3 D 19	2.891	0.646	3.537	2 D 19
			lap	2558.739	1/12	7934.2242	0.8519	0.0027	0.0031	0.0058	0.0058	7.66	0.646	8.306	3 D 19	3.83	0.646	4.476	2 D 19
			tump	2558.739	1/12	7934.2242	0.8519	0.0027	0.0031	0.0058	0.0058	7.66	0.646	8.306	3 D 19	3.83	0.646	4.476	2 D 19
		6.6	tump	5673.784	1/12	20595.836	2.2113	0.0073	0.008	0.0153	0.0153	20.23	0.646	20.88	8 D 19	10.12	0.646	10.76	4 D 19
			lap	5673.784	1/14	17653.574	1.8954	0.0062	0.0068	0.0131	0.0131	17.27	0.646	17.91	7 D 19	8.634	0.646	9.28	4 D 19
			tump	5673.784	1/12	20595.836	2.2113	0.0073	0.008	0.0153	0.0153	20.23	0.646	20.88	9 D 19	10.12	0.646	10.76	4 D 19
		6.1	tump	4685.479	1/12	14528.888	1.5599	0.0051	0.0056	0.0107	0.0107	14.15	0.646	14.8	6 D 19	7.075	0.646	7.721	3 D 19
			lap	4685.479	1/12	14528.888	1.5599	0.0051	0.0056	0.0107	0.0107	14.15	0.646	14.8	6 D 19	7.075	0.646	7.721	3 D 19
			tump	4685.479	1/24	7264.4442	0.78	0.0025	0.0028	0.0053	0.0053	7.007	0.646	7.653	3 D 19	3.504	0.646	4.15	2 D 19
ba2	0.3 x 0.5	6.1	tump	4519.012	1/24	7006.3514	0.7522	0.0024	0.0027	0.0051	0.0051	6.756	0.646	7.402	3 D 19	3.378	0.646	4.024	2 D 19
			lap	4519.012	1/12	14012.703	1.5045	0.0049	0.0054	0.0103	0.0103	13.64	0.646	14.28	6 D 19	6.819	0.646	7.465	3 D 19
			tump	4519.012	1/10	16815.243	1.8054	0.0059	0.0065	0.0124	0.0124	16.43	0.646	17.07	7 D 19	8.214	0.646	8.86	4 D 19
		6.6	tump	5450.629	1/10	23742.941	2.5492	0.0085	0.0092	0.0177	0.0177	22.43	0.646	23.08	9 D 19	11.22	0.646	11.86	5 D 19
			lap	5450.629	1/12	19785.784	2.1243	0.007	0.0077	0.0147	0.0147	19.41	0.646	20.06	8 D 19	9.707	0.646	10.35	4 D 19
			tump	5450.629	1/24	9892.892	1.0622	0.0034	0.0038	0.0072	0.0072	9.575	0.646	10.22	4 D 19	4.788	0.646	5.433	2 D 19
ba3	0.15 x 0.3	3.35	tump	3046.661	1/16	2136.9467	1.5204	0.0049	0.0062	0.0112	0.0112	4.061	0.141	4.201	3 D 16	2.03	0.141	2.171	2 D 16
			lap	3046.661	1/11	3108.2862	2.2115	0.0073	0.0091	0.0164	0.0164	5.957	0.141	6.097	4 D 16	2.978	0.141	3.119	2 D 16
ba4	0.25 x 0.4	5.7	tump	3110.261	1/16	6315.7738	1.3619	0.0044	0.0052	0.0096	0.0096	8.139	0.408	8.547	4 D 19	4.069	0.408	4.477	2 D 19
			lap	3110.261	1/11	9186.5801	1.9809	0.0065	0.0075	0.014	0.014	11.93	0.408	12.34	5 D 19	5.966	0.408	6.374	3 D 19
ba5	0.15 x 0.2	3	tump	1166.4	1/16	656.1	1.3558	0.0044	0.0072	0.0115	0.0115	2.459	0.089	2.548	2 D 16	1.23	0.089	1.318	2 D 16
			lap	1166.4	1/11	954.32727	1.972	0.0065	0.0104	0.0169	0.0169	3.6	0.089	3.689	2 D 16	1.8	0.089	1.889	2 D 16
ba6	0.2 x 0.3	6.1	tump	1252.8	1/16	2913.543	1.5547	0.0051	0.0064	0.0114	0.0114	5.539	0.222	5.761	3 D 16	2.769	0.222	2.992	2 D 16
			lap	1252.8	1/11	4237.8807	2.2614	0.0075	0.0093	0.0168	0.0168	8.127	0.222	8.349	5 D 16	4.063	0.222	4.286	3 D 16

Tabel 4.8 Perhitungan Penulangan Lentur Balok Anak Lantai 2

Mutu Beton = K300 $d_c = 40 \text{ mm}$ $\delta = 0.5$
 Mutu Baja = U32 $\phi = 0.8$

Balok anak	Ukuran b x h (m)	L (m)	Area	qu (kg/m)	koef momen	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	$\rho-p'$	ρ'	ppperlu	ppakai	As perlu (cm ²)	Al perlu (cm ²)	As Total (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Al' perlu (cm ²)	As' Total (cm ²)	Tulangan	
ba1	0.3 x 0.5	6.1	tump	2134.382	1/24	3309.1808	0.3553	0.0011	0.0013	0.0024	0.0044	5.782	0.646	6.427	3 D 19	2.891	0.646	3.537	2 D 19	
			lap	2134.382	1/12	6618.3616	0.7106	0.0023	0.0026	0.0048	0.0048	6.379	0.646	7.025	3 D 19	3.189	0.646	3.835	2 D 19	
			tump	2134.382	1/12	6618.3616	0.7106	0.0023	0.0026	0.0048	0.0048	6.379	0.646	7.025	3 D 19	3.189	0.646	3.835	2 D 19	
			6.6	tump	4801.849	1/12	17430.711	1.8715	0.0061	0.0068	0.0129	0.0129	17.04	0.646	17.69	7 D 19	8.522	0.646	9.168	4 D 19
			lap	4801.849	1/14	14940.609	1.6041	0.0052	0.0058	0.011	0.011	14.56	0.646	15.2	6 D 19	7.28	0.646	7.925	3 D 19	
			tump	4801.849	1/12	17430.711	1.8715	0.0061	0.0068	0.0129	0.0129	17.04	0.646	17.69	7 D 19	8.522	0.646	9.168	4 D 19	
			6.1	tump	3836.751	1/12	11897.126	1.2773	0.0041	0.0046	0.0087	0.0087	11.55	0.646	12.19	5 D 19	5.773	0.646	6.419	3 D 19
			lap	3836.751	1/12	11897.126	1.2773	0.0041	0.0046	0.0087	0.0087	11.55	0.646	12.19	5 D 19	5.773	0.646	6.419	3 D 19	
			tump	3836.751	1/24	5948.563	0.6387	0.002	0.0023	0.0043	0.0044	5.782	0.646	6.427	3 D 19	2.891	0.646	3.537	2 D 19	
ba2	0.3 x 0.5	6.1	tump	3703.511	1/24	5741.9857	0.6165	0.002	0.0022	0.0042	0.0044	5.782	0.646	6.427	3 D 19	2.891	0.646	3.537	2 D 19	
			lap	3703.511	1/12	11483.971	1.233	0.004	0.0045	0.0084	0.0084	11.14	0.646	11.78	5 D 19	5.569	0.646	6.215	3 D 19	
			tump	3703.511	1/10	13780.766	1.4796	0.0048	0.0053	0.0101	0.0101	13.41	0.646	14.05	5 D 19	6.704	0.646	7.35	3 D 19	
			6.6	tump	4615.814	1/10	20106.486	2.1588	0.0071	0.0078	0.0149	0.0149	19.74	0.646	20.38	8 D 19	9.868	0.646	10.51	4 D 19
			lap	4615.814	1/12	16755.405	1.799	0.0059	0.0065	0.0124	0.0124	16.37	0.646	17.01	6 D 19	8.184	0.646	8.83	4 D 19	
			tump	4615.814	1/24	8377.7027	0.8995	0.0029	0.0032	0.0061	0.0061	8.093	0.646	8.739	4 D 19	4.046	0.646	4.692	2 D 19	
ba3	0.15 x 0.3	3.35	tump	3046.661	1/16	2136.9467	1.5204	0.0049	0.0062	0.0112	0.0112	4.061	0.141	4.201	3 D 16	2.03	0.141	2.171	2 D 16	
			lap	3046.661	1/11	3108.2862	2.2115	0.0073	0.0091	0.0164	0.0164	5.957	0.141	6.097	4 D 16	2.978	0.141	3.119	2 D 16	
ba4	0.25 x 0.4	5.7	tump	3110.261	1/16	6315.7738	1.3619	0.0044	0.0052	0.0096	0.0096	8.139	0.408	8.547	4 D 19	4.069	0.408	4.477	2 D 19	
			lap	3110.261	1/11	9186.5801	1.9809	0.0065	0.0075	0.014	0.014	11.93	0.408	12.34	5 D 19	5.966	0.408	6.374	3 D 19	
ba5	0.15 x 0.2	3	tump	1436.4	1/16	807.975	1.6696	0.0054	0.0088	0.0143	0.0143	3.038	0.089	3.127	2 D 16	1.519	0.089	1.608	2 D 16	
			lap	1436.4	1/11	1175.2364	2.4285	0.0081	0.0128	0.0209	0.0209	4.456	0.089	4.544	3 D 16	2.228	0.089	2.316	2 D 16	
ba6	0.2 x 0.3	6.1	tump	1522.8	1/16	3541.4618	1.8897	0.0062	0.0078	0.014	0.014	6.76	0.222	6.982	4 D 16	3.38	0.222	3.602	2 D 16	
			lap	1522.8	1/11	5151.2171	2.7487	0.0092	0.0113	0.0205	0.0205	9.942	0.222	10.16	6 D 16	4.971	0.222	5.193	3 D 16	

Tabel 4.9 Perhitungan Penulangan Lentur Balok Anak Lantai 1

Mutu Beton = K300 $d_c = 40 \text{ mm}$ $\delta = 0.5$
 Mutu Baja = U32 $\phi = 0.8$

Balok anak	Ukuran b x h (m)	L (m)	Area	qu (kg/m)	koef momen	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	$\rho - \rho'$	ρ'	pperlu	ppakai	As perlu (cm ²)	Al perlu (cm ²)	As Total (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Al' perlu (cm ²)	As' Total (cm ²)	Tulangan
ba1	0.3 x 0.5	6.1	tump	2134.382	1/24	3309.1808	0.3553	0.0011	0.0013	0.0024	0.0044	5.782	0.646	6.427	3 D 19	2.891	0.646	3.537	2 D 19
			lap	2134.382	1/12	6618.3616	0.7106	0.0023	0.0026	0.0048	0.0048	6.379	0.646	7.025	3 D 19	3.189	0.646	3.835	2 D 19
			tump	2134.382	1/12	6618.3616	0.7106	0.0023	0.0026	0.0048	0.0048	6.379	0.646	7.025	3 D 19	3.189	0.646	3.835	2 D 19
	6.6	tump	3929.914	1/12	14265.586	1.5316	0.005	0.0055	0.0105	0.0105	13.89	0.646	14.53	6 D 19	6.944	0.646	7.59	3 D 19	
		lap	3929.914	1/14	12227.645	1.3128	0.0042	0.0047	0.009	0.009	11.87	0.646	12.52	5 D 19	5.936	0.646	6.582	3 D 19	
		tump	3929.914	1/12	14265.586	1.5316	0.005	0.0055	0.0105	0.0105	13.89	0.646	14.53	6 D 19	6.944	0.646	7.59	3 D 19	
	6.1	tump	3836.751	1/12	11897.126	1.2773	0.0041	0.0046	0.0087	0.0087	11.55	0.646	12.19	5 D 19	5.773	0.646	6.419	3 D 19	
		lap	3836.751	1/12	11897.126	1.2773	0.0041	0.0046	0.0087	0.0087	11.55	0.646	12.19	5 D 19	5.773	0.646	6.419	3 D 19	
		tump	3836.751	1/24	5948.563	0.6387	0.002	0.0023	0.0043	0.0044	5.782	0.646	6.427	3 D 19	2.891	0.646	3.537	2 D 19	
ba2	0.3 x 0.5	6.1	tump	3703.512	1/24	5741.9875	0.6165	0.002	0.0022	0.0042	0.0044	5.782	0.646	6.427	3 D 19	2.891	0.646	3.537	2 D 19
			lap	3703.512	1/12	11483.975	1.233	0.004	0.0045	0.0084	0.0084	11.14	0.646	11.78	5 D 19	5.569	0.646	6.215	3 D 19
			tump	3703.512	1/10	13780.77	1.4796	0.0048	0.0053	0.0101	0.0101	13.41	0.646	14.05	5 D 19	6.704	0.646	7.35	3 D 19
	6.6	tump	3780.999	1/10	16470.033	1.7683	0.0058	0.0064	0.0122	0.0122	16.08	0.646	16.73	6 D 19	8.042	0.646	8.688	4 D 19	
		lap	3780.999	1/12	13725.028	1.4736	0.0048	0.0053	0.0101	0.0101	13.35	0.646	14	5 D 19	6.676	0.646	7.322	3 D 19	
		tump	3780.999	1/24	6862.5138	0.7368	0.0023	0.0027	0.005	0.005	6.616	0.646	7.262	3 D 19	3.308	0.646	3.954	2 D 19	
ba3	0.15 x 0.3	3.35	tump	3046.661	1/16	2136.9467	1.5204	0.0049	0.0062	0.0112	0.0112	4.061	0.141	4.201	3 D 16	2.03	0.141	2.171	2 D 16
			lap	3046.661	1/11	3108.2862	2.2115	0.0073	0.0091	0.0164	0.0164	5.957	0.141	6.097	4 D 16	2.978	0.141	3.119	2 D 16
ba4	0.25 x 0.4	5.7	tump	3110.261	1/16	6315.7738	1.3619	0.0044	0.0052	0.0096	0.0096	8.139	0.408	8.547	4 D 19	4.069	0.408	4.477	2 D 19
			lap	3110.261	1/11	9186.5801	1.9809	0.0065	0.0075	0.014	0.014	11.93	0.408	12.34	5 D 19	5.966	0.408	6.374	3 D 19
ba5	0.15 x 0.2	3	tump	1436.4	1/16	807.975	1.6696	0.0054	0.0088	0.0143	0.0143	3.038	0.089	3.127	2 D 16	1.519	0.089	1.608	2 D 16
			lap	1436.4	1/11	1175.2364	2.4285	0.0081	0.0128	0.0209	0.0209	4.456	0.089	4.544	3 D 16	2.228	0.089	2.316	2 D 16
ba6	0.2 x 0.3	6.1	tump	1522.8	1/16	3541.4618	1.8897	0.0062	0.0078	0.014	0.014	6.76	0.222	6.982	4 D 16	3.38	0.222	3.602	2 D 16
			lap	1522.8	1/11	5151.2171	2.7487	0.0092	0.0113	0.0205	0.0205	9.942	0.222	10.16	6 D 16	4.971	0.222	5.193	3 D 16

Tabel 4.10 Perhitungan Penulangan Torsi Minimum dan Geser Balok Anak Lantai Atap

Mutu Beton = K300 $d_c = 40 \text{ mm}$
 Mutu Baja = U32 $\phi = 0.6$

Balok anak	Ukuran b x h (m)	L (m)	Area	qu (kg/m)	koef geser	Vu (kg)	Vu cr (kg)	ϕVc (kg)	ϕVs perlu (kg)	Av perlu (mm ²)	S perlu (mm)	S max (mm)	S pasang (cm)	Begel Terpasang	X1 (mm)	Y1 (mm)	A/ min perlu (cm ²)
ba1	0.2 x 0.35	6.1	tump	2180.5	1/2	6650.6	5581.04	2882.25	2698.8	36.29	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			lap	2180.5	0	0	0	2882.25	0	0	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			tump	2180.5	1/2	6650.6	5472.01	2882.25	2589.8	34.824	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			tump	2234.7	1/2	7374.4	6166.55	2882.25	3284.3	44.163	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			lap	2234.7	0	0	0	2882.25	0	0	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			tump	2234.7	1/2	7374.4	6067.55	2882.25	3185.3	42.832	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
		6.6	tump	2180.5	1/2	6650.6	5472.01	2882.25	2589.8	34.824	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			lap	2180.5	0	0	0	2882.25	0	0	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			tump	2180.5	1/2	6650.6	5581.04	2882.25	2698.8	36.29	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			lap	2180.5	0	0	0	2882.25	0	0	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			tump	2180.5	1/2	6650.6	5581.04	2882.25	2698.8	36.29	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			lap	2180.5	0	0	0	2882.25	0	0	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
ba2	0.2 x 0.35	6.1	tump	2103.1	1/2	6414.4	5382.82	2882.25	2500.6	33.624	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			lap	2103.1	0	0	0	2882.25	0	0	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			tump	2103.1	1/2	6414.4	5277.66	2882.25	2395.4	32.21	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			tump	1869.8	1/2	6170.5	5159.82	2882.25	2277.6	30.626	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			lap	1869.8	0	0	0	2882.25	0	0	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
			tump	1869.8	1/2	6170.5	5076.98	2882.25	2194.7	29.512	754.08	145.3	12.5	010 -125	110	260	0.2569
ba3	0.15 x 0.3	3.35	tump	1825.1	1/2	3057	2159.09	1800.79	358.31	4.6269	1005.4	121	10	010 -100	60	210	0.1406
			lap	1825.1	0	0	0	1800.79	0	0	1005.4	121	10	010 -100	60	210	0.1406
ba4	0.2 x 0.3	5.7	tump	1813.2	1/2	5167.5	4459.46	2386.17	2073.3	26.94	754.08	120.3	10	010 -100	110	210	0.2222
			lap	1813.2	0	0	0	2386.17	0	0	754.08	120.3	10	010 -100	110	210	0.2222
ba5	0.15 x 0.2	3	tump	1166.4	1/2	1749.6	1409.01	1056.66	352.35	3.8771	1005.4	71	5	010 -50	60	110	0.0885
			lap	1166.4	0	0	0	1056.66	0	0	1005.4	71	5	010 -50	60	110	0.0885

Keterangan :
 Av tersedia = 157.1 mm²

Tabel 4.11 Perhitungan Penulangan Torsi Minimum dan Geser Balok Anak Lantai Typical (3-7)

Mutu Beton = K300

dc = 40 mm

Mutu Baja = U32

$\phi = 0.6$

Balok anak	Ukuran b x h (m)		L (m)	Area	qu (kg/m)	koef geser	Vu (kg)	Vu cr (kg)	ϕ Vc (kg)	Vs (kg)	Av perlu (mm ²)	S perlu (mm)	S max (mm)	S pasang (cm)	Begel Terpasang	X1 (mm)	Y1 (mm)	A/ min perlu (cm ²)	
ba1	0.3	x	0.5	6.1	tump	2558.7	1/2	7804.2	6165.28	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458
					lap	2558.7	0	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458
	6.6	tump	2558.7	1/2	7804.2	6037.35	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
		lap	5673.8	1/2	18723	14805.7	6555.76	8250	117.05	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
	6.1	tump	5673.8	1/2	18723	14484.6	6555.76	7928.9	112.5	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
		lap	4685.5	1/2	14291	11055.4	6555.76	4499.6	63.843	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
ba2	0.3	x	0.5	6.1	tump	4519	1/2	13783	10888.6	6555.76	4332.8	61.476	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458
					lap	4519	0	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458
	6.6	tump	4519	1/2	13783	10662.6	6555.76	4106.8	58.27	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
		lap	5450.6	1/2	17987	14223.4	6555.76	7667.7	108.79	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
	6.1	tump	5450.6	1/2	17987	13914.9	6555.76	7359.2	104.41	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
		lap	5450.6	1/2	17987	13914.9	6555.76	7359.2	104.41	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
ba3	0.15	x	0.3	3.35	tump	3046.7	1/2	5103.2	3604.2	1800.79	1803.4	23.288	1005.4	121	10	010 -100	60	210	0.1406
					lap	3046.7	0	0	0	1800.79	0	0	1005.4	121	10	010 -100	60	210	0.1406
ba4	0.25	x	0.4	5.7	tump	3110.3	1/2	8864.2	7338.66	4222.92	3115.7	42.893	603.26	170.3	15	010 -150	160	310	0.408
					lap	3110.3	0	0	0	4222.92	0	0	603.26	170.3	15	010 -150	160	310	0.408
ba5	0.15	x	0.2	3	tump	1166.4	1/2	1749.6	1409.01	1056.66	352.35	3.8771	1005.4	71	5	010 -50	60	110	0.0885
					lap	1166.4	0	0	0	1056.66	0	0	1005.4	71	5	010 -50	60	110	0.0885
ba6	0.2	x	0.3	6.1	tump	1252.8	1/2	3821	3267.3	2401.05	866.25	11.186	754.08	121	10	010 -100	110	210	0.2222
					lap	1252.8	0	0	0	2401.05	0	0	754.08	121	10	010 -100	110	210	0.2222

Keterangan :

Av tersedia = 157.1 mm²

Tabel 4.12 Perhitungan Penulangan Torsi Minimum dan Geser Balok Anak Lantai 2

Mutu Beton = K300

dc = 40 mm

Mutu Baja = U32

$\phi = 0.6$

Balok anak	Ukuran b x h (m)	L (m)	Area	qu (kg/m)	koef geser	Vu (kg)	Vu cr (kg)	ϕVc (kg)	Vs (kg)	Av perlu (mm ²)	S perlu (mm)	S max (mm)	S pasang (cm)	Begel Terpasang	X1 (mm)	Y1 (mm)	Av min perlu (cm ²)			
ba1	0.3 x 0.5	6.1	tump	2134.4	1/2	6509.9	5142.79	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
			lap	2134.4	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458				
			tump	2134.4	1/2	6509.9	5036.07	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
			tump	4801.8	1/2	15846	12530.4	6555.76	5974.7	84.771	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
			lap	4801.8	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458				
			tump	4801.8	1/2	15846	12258.6	6555.76	5702.9	80.915	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
		6.1	tump	3836.8	1/2	11702	9052.81	6555.76	2497.1	35.429	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
			lap	3836.8	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458				
			tump	3836.8	1/2	11702	9244.65	6555.76	2688.9	38.151	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
ba2	0.3 x 0.5	6.1	tump	3703.5	1/2	11296	8923.61	6555.76	2367.9	33.596	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
			lap	3703.5	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458				
			tump	3703.5	1/2	11296	8738.43	6555.76	2182.7	30.969	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
			tump	4615.8	1/2	15232	12045	6555.76	5489.2	77.883	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
			lap	4615.8	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458				
			tump	4615.8	1/2	15232	11783.7	6555.76	5228	74.177	502.72	220.3	20	010 -200	210	410	0.6458			
ba3	0.15 x 0.3	3.35	tump	3046.7	1/2	5103.2	3604.2	1800.79	1803.4	23.288	1005.4	121	10	010 -100	60	210	0.1406			
			lap	3046.7	0	0	1800.79	0	0	1005.4	121	10	010 -100	60	210	0.1406				
ba4	0.25 x 0.4	5.7	tump	3110.3	1/2	8864.2	7338.66	4222.92	3115.7	42.893	603.26	170.3	15	010 -150	160	310	0.408			
			lap	3110.3	0	0	4222.92	0	0	603.26	170.3	15	010 -150	160	310	0.408				
ba5	0.15 x 0.2	3	tump	1436.4	1/2	2154.6	1735.17	1056.66	678.51	7.466	1005.4	71	5	010 -50	60	110	0.0885			
			lap	1436.4	0	0	1056.66	0	0	1005.4	71	5	010 -50	60	110	0.0885				
ba6	0.2 x 0.3	6.1	tump	1522.8	1/2	4644.5	3971.46	2401.05	1570.4	20.279	754.08	121	10	010 -100	110	210	0.2222			
			lap	1522.8	0	0	2401.05	0	0	754.08	121	10	010 -100	110	210	0.2222				

Keterangan :

Av tersedia = 157.1 mm²

Tabel 4.13 Perhitungan Penulangan Torsi Minimum dan Geser Balok Anak Lantai 1

Mutu Beton = K300

dc = 40 mm

Mutu Baja = U32

$\phi = 0.6$

Balok anak	Ukuran b x h (m)	L (m)	Area	qu (kg/m)	koef geser	Vu (kg)	Vu cr (kg)	ϕ Vc (kg)	Vs (kg)	Av perlu (mm ²)	S perlu (mm)	S max (mm)	S pasang (cm)	Begel Terpasang	X1 (mm)	Y1 (mm)	A/ min perlu (cm ²)
ba1	0.3 x 0.5	6.1	tump	2134.4	1/2	6509.9	5142.79	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458
			lap	2134.4	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458	
			tump	2134.4	1/2	6509.9	5036.07	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458
			lap	3929.9	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458	
		6.6	tump	3929.9	1/2	12969	10255.1	6555.76	3699.4	52.488	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458
			lap	3929.9	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458	
			tump	3929.9	1/2	12969	10032.7	6555.76	3476.9	49.332	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458
			lap	3836.8	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458	
		6.1	tump	3836.8	1/2	11702	9052.81	6555.76	2497.1	35.429	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458
			lap	3836.8	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458	
			tump	3836.8	1/2	11702	9244.65	6555.76	2688.9	38.151	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458
			lap														
ba2	0.3 x 0.5	6.1	tump	3703.5	1/2	11296	8923.61	6555.76	2367.9	33.596	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458
			lap	3703.5	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458	
			tump	3703.5	1/2	11296	8738.44	6555.76	2182.7	30.969	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458
			lap	3781	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458	
		6.6	tump	3781	1/2	12477	9866.52	6555.76	3310.8	46.974	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458
			lap	3781	0	0	6555.76	0	0	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458	
			tump	3781	1/2	12477	9652.52	6555.76	3096.8	43.938	502.72	220.3	20	Ø10 -200	210	410	0.6458
			lap														
ba3	0.15 x 0.3	3.35	tump	3046.7	1/2	5103.2	3604.2	1800.79	1803.4	23.288	1005.4	121	10	Ø10 -100	60	210	0.1406
			lap	3046.7	0	0	1800.79	0	0	1005.4	121	10	Ø10 -100	60	210	0.1406	
ba4	0.25 x 0.4	5.7	tump	3110.3	1/2	8864.2	7338.66	4222.92	3115.7	42.893	603.26	170.3	15	Ø10 -150	160	310	0.408
			lap	3110.3	0	0	4222.92	0	0	603.26	170.3	15	Ø10 -150	160	310	0.408	
ba5	0.15 x 0.2	3	tump	1436.4	1/2	2154.6	1735.17	1056.66	678.51	7.466	1005.4	71	5	Ø10 -50	60	110	0.0885
			lap	1436.4	0	0	1056.66	0	0	1005.4	71	5	Ø10 -50	60	110	0.0885	
ba6	0.2 x 0.3	6.1	tump	1522.8	1/2	4644.5	3971.46	2401.05	1570.4	20.279	754.08	121	10	Ø10 -100	110	210	0.2222
			lap	1522.8	0	0	2401.05	0	0	754.08	121	10	Ø10 -100	110	210	0.2222	

Keterangan :

Av tersedia = 157.1 mm²

Tabel 4.14 Perhitungan h Minimum Balok Anak

Panjang Balok cm	Hmin (cm)								
	Dua tumpuan			Satu ujung menerus			Dua ujung menerus		
	H	B=1/2h	B=2/3h	H	B=1/2h	B=2/3h	H	B=1/2h	B=2/3h
610	32.673	16.337	21.564	28.258	14.129	18.65	24.894	12.447	16.43
660	35.351	17.676	23.332	30.574	15.287	20.179	26.934	13.467	17.777
335	17.943	8.9717	11.843	15.519	7.7593	10.242	13.671	6.8356	9.023
570	30.531	15.265	20.15	26.405	13.202	17.427	23.261	11.631	15.353
300	16.069	8.0344	10.605	13.897	6.9486	9.1722	12.243	6.1214	8.0803
840	44.993	22.496	29.695	38.912	19.456	25.682	34.28	17.14	22.625
790	42.314	21.157	27.927	36.596	18.298	24.153	32.24	16.12	21.278

Tabel 4.15 Perhitungan Lebar Flens Penampang T Pada Balok Anak

Balok anak	Ukuran b x h (m)	L (m)	Ln (m)	Balok T			Balok L		
				bE (cm)	bE (cm)	bE (cm)	bE (cm)	bE (cm)	bE (cm)
Atap									
ba1	0.2 x 0.35	4.2	3.95	1050	1800	2175	2300	800	2175
ba2	0.2 x 0.35	3.95	3.7	987.5	1800	2050	2175	800	2050
ba3	0.15 x 0.3	2.8	2.575	700	1750	1437.5	1550	750	1437.5
ba4	0.2 x 0.3	3.3	2.95	825	1800	1675	1850	800	1675
Lantai									
ba1	0.3 x 0.5	4.2	3.9	1050	2460	2250	2400	1110	2250
ba2	0.3 x 0.5	3.95	3.65	987.5	2460	2125	2275	1110	2125
ba3	0.15 x 0.3	2.8	2.575	700	2310	1437.5	1550	960	1437.5
ba4	0.25 x 0.4	3.3	2.925	825	2410	1712.5	1900	1060	1712.5

Input Etabs Struktur Utama

\$ This is file utamal written by ETABSIN on Wed Jun 25 21:22:06 1997

\$ Units are KG and METERS

Analisa Struktur Utama

HOTEL SAHID SOLO

\$ Control data

8 1 1 5 3 8 2 2 4 0 2 0 2 0 1 2 0 1 1 5 23 10

\$ Miscellaneous parameters

9.81 0.0001 0 0.25

\$ Mass X Grid data

0 3 4.2 8.4 11.5 12.35 13.5 14.3

14.5 15.5 16.3 17.8 19.3 20.1 21.1 21.3

22.1 23.25 24.2 27.2 31.4 32.6 35.6

\$ Mass Y Grid data

0 6.1 12.7 16.05 18.8 23 27.2 31.4

34.25 37.1

\$ Mass data

1 85 0.101937

1555.2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1

1555.2 8.4 0 0 0 3 0 3 0 1

1555.2 16.3 0 0 0 10 0 10 0 1

1555.2 19.3 0 0 0 12 0 12 0 1

1555.2 27.2 0 0 0 19 0 19 0 1

1555.2 35.6 0 0 0 22 0 22 0 1

1555.2 0 6.1 0 0 0 1 0 1 1

1555.2 8.4 6.1 0 0 3 1 3 1 1

1555.2 16.3 6.1 0 0 10 1 10 1 1

1555.2 19.3 6.1 0 0 12 1 12 1 1

1555.2 35.6 6.1 0 0 22 1 22 1 1

1555 0 12.7 0 0 0 2 0 2 1

1555 8.4 12.7 0 0 3 2 3 2 1

1555 16.3 12.7 0 0 10 2 10 2 1

1555 19.3 12.7 0 0 12 2 12 2 1

1555 27.2 12.7 0 0 19 2 19 2 1

1555 35.6 12.7 0 0 22 2 22 2 1

1555 0 18.8 0 0 0 4 0 4 1

1555 8.4 18.8 0 0 3 4 3 4 1

1555 27.2 18.8 0 0 19 4 19 4 1

1555 35.6 18.8 0 0 22 4 22 4 1

1555 8.4 23 0 0 3 5 3 5 1

1555 14.5 23 0 0 8 5 8 5 1

1555 21.1 23 0 0 14 5 14 5 1

1555 27.2 23 0 0 19 5 19 5 1

1555 8.4 31.4 0 0 3 7 3 7 1

1555 11.5 31.4 0 0 4 7 4 7 1

1555 14.5 31.4 0 0 8 7 8 7 1

1555 21.1 31.4 0 0 14 7 14 7 1

1555 24.2 31.4 0 0 18 7 18 7 1

1555 27.2 31.4 0 0 19 7 19 7 1

1555 11.5 37.1 0 0 4 9 4 9 1

1555 14.5 37.1 0 0 8 9 8 9 1

1555 21.1 37.1 0 0 14 9 14 9 1

1555 24.2 37.1 0 0 18 9 18 9 1

1728 14.9 18.8 2.8 0 6 4 10 4 1

1728 20.7 18.8 2.8 0 12 4 16 4 1

1296 15.9 16.05 0.799999 0 9 3 10 3 1

1296 16.3 17.425 0 2.75 10 3 10 4 1

1296 13.9 16.05 0.800001 0 7 3 6 3 1

1296 13.5 17.425 0 2.75 6 3 6 4 1

1296 19.7 16.05 0.800002 0 13 3 12 3 1

1296 19.3 17.425 0 2.75 12 3 12 4 1

1296 21.7 16.05 0.800001 0 15 3 16 3 1

1296 22.1 17.425 0 2.75 16 3 16 4 1

1026 17.8 0 35.6 0 0 0 22 0 1

1026 4.2 18.8 8.4 0 0 4 3 4 1

1026 31.4 18.8 8.4 0 19 4 22 4 1

1026 9.95 31.4 3.1 0 3 7 4 7 1

1026 25.7 31.4 3 0 18 7 19 7 1

882 11.5 34.25 0 5.7 4 9 4 7 1

882 17.85 37.1 12.7 0 4 9 18 9 1

882 24.2 34.25 0 5.7 18 9 18 7 1

954 8.4 25.1 0 12.6 3 7 3 4 1

954 27.2 25.1 0 12.6 19 7 19 4 1
954 0 9.4 0 18.8 0 4 0 0 1
954 35.6 9.4 0 18.8 22 4 22 0 1
576 17.85 31.4 12.7 0 4 7 18 7 1
576 17.8 18.8 18.8 0 3 4 19 4 1
720 17.8 6.1 35.6 0 0 1 22 1 1
720 17.8 12.7 35.6 0 0 2 22 2 1
720 14.5 27.95 0 18.3 8 9 8 4 1
720 21.1 27.95 0 18.3 14 9 14 4 1
504 8.4 9.4 0 18.8 3 4 3 0 1
504 16.3 8.025 0 16.05 10 3 10 0 1
504 19.3 8.025 0 16.05 12 3 12 0 1
504 17.8 23 18.8 0 3 5 19 5 1
168 4.2 9.4 0 18.8 2 4 2 0 1
168 12.35 6.35 0 12.7 5 2 5 0 1
168 31.4 9.4 0 18.8 20 4 20 0 1
168 17.8 27.2 18.8 0 3 6 19 6 1
504 27.2 9.4 0 18.8 19 4 19 0 1
108 22.1 14.375 0 3.35 16 3 16 2 1
108 13.5 14.375 0 3.35 6 3 6 2 1
168 23.25 6.35 0 12.7 17 2 17 0 1
144 17.8 34.25 0 5.7 11 9 11 7 1
1272 22.65 34.25 3.1 0 14 8 18 8 1
890 13 34.25 3 5.7 4 9 8 7 1
363 17.9 34.25 6.8 5.7 8 9 15 7 1
363 17.85 34.25 12.7 5.7 4 9 18 7 1
363 17.8 25.1 18.8 12.6 3 7 19 4 1
363 17.8 17.425 3 2.75 10 4 12 3 1
363 17.8 8.025 35.6 16.05 0 3 22 0 1
363 6.75 17.425 13.5 2.75 0 4 6 3 1
363 28.85 17.425 13.5 2.75 16 4 22 3 1
2 99 0.1019
3110.4 0 0 0 0 0 0 0 0 1
3110.4 8.4 0 0 0 3 0 3 0 1
3110.4 16.3 0 0 0 10 0 10 0 1
3110.4 19.3 0 0 0 12 0 12 0 1
3110.4 27.2 0 0 0 19 0 19 0 1
3110.4 35.6 0 0 0 22 0 22 0 1
3110.4 0 6.1 0 0 0 1 0 1 1
3110.4 8.4 6.1 0 0 3 1 3 1 1
3110.4 16.3 6.1 0 0 10 1 10 1 1
3110.4 19.3 6.1 0 0 12 1 12 1 1
3110.4 27.2 6.1 0 0 19 1 19 1 1
3110.4 35.6 6.1 0 0 22 1 22 1 1
3110.4 0 12.7 0 0 0 2 0 2 1
3110.4 8.4 12.7 0 0 3 2 3 2 1
3110.4 16.3 12.7 0 0 10 2 10 2 1
3110.4 19.3 12.7 0 0 12 2 12 2 1
3110.4 27.2 12.7 0 0 19 2 19 2 1
3110.4 35.6 12.7 0 0 22 2 22 2 1
3110.4 0 18.8 0 0 0 4 0 4 1
3110.4 8.4 18.8 0 0 3 4 3 4 1
3110.4 27.2 18.8 0 0 19 4 19 4 1
3110.4 35.6 18.8 0 0 22 4 22 4 1
3110.4 8.4 23 0 0 3 5 3 5 1
3110.4 14.5 23 0 0 8 5 8 5 1
3110.4 21.1 23 0 0 14 5 14 5 1
3110.4 27.2 23 0 0 19 5 19 5 1
3110.4 8.4 31.4 0 0 3 7 3 7 1
3110.4 11.5 31.4 0 0 4 7 4 7 1
3110.4 14.5 31.4 0 0 8 7 8 7 1
3110.4 21.1 31.4 0 0 14 7 14 7 1
3110.4 24.2 31.4 0 0 18 7 18 7 1
3110.4 27.2 31.4 0 0 19 7 19 7 1
3110.4 11.5 37.1 0 0 4 9 4 9 1
3110.4 14.5 37.1 0 0 8 9 8 9 1
3110.4 21.1 37.1 0 0 14 9 14 9 1
3110.4 24.2 37.1 0 0 18 9 18 9 1
3456 14.9 18.8 2.8 0 6 4 10 4 1
3456 20.7 18.8 2.8 0 12 4 16 4 1
2592 15.9 16.05 0.799999 0 9 3 10 3 1
2592 16.3 17.425 0 2.75 10 3 10 4 1
2592 13.9 16.05 0.800001 0 7 3 6 3 1
2592 13.5 17.425 0 2.75 6 3 6 4 1

2592 19.7 16.05 0.800002 0 13 3 12 3 1
2592 19.3 17.425 0 2.75 12 3 12 4 1
2592 21.7 16.05 0.800001 0 15 3 16 3 1
2592 22.1 17.425 0 2.75 16 3 16 4 1
1476 17.8 0 35.6 0 0 0 22 0 1
1476 4.2 18.8 8.4 0 0 4 3 4 1
1476 31.4 18.8 8.4 0 19 4 22 4 1
1476 9.95 31.4 3.1 0 3 7 4 7 1
1476 25.7 31.4 3 0 18 7 19 7 1
1332 11.5 34.25 0 5.7 4 7 4 9 1
1332 17.85 37.1 12.7 0 4 9 18 9 1
1332 24.2 34.25 0 5.7 18 9 18 7 1
1404 0 9.4 0 18.8 0 0 0 4 1
1404 8.4 25.1 0 12.6 3 4 3 7 1
1404 27.2 25.1 0 12.6 19 7 19 4 1
1404 35.6 9.4 0 18.8 22 4 22 0 1
720 17.8 6.1 35.6 0 0 1 22 1 1
720 17.8 12.7 35.6 0 0 2 22 2 1
720 14.5 27.95 0 18.3 9 8 4 1
720 21.1 27.95 0 18.3 14 9 14 4 1
576 17.85 31.4 12.7 0 4 7 13 7 1
576 17.8 18.8 18.8 0 3 4 19 4 1
504 8.4 9.4 0 18.8 3 3 0 1
504 27.2 9.4 0 18.8 19 4 19 0 1
504 16.3 8.025 0 16.05 10 3 10 0 1
504 19.3 8.025 0 16.05 12 3 12 0 1
504 17.8 23 18.8 0 3 5 19 5 1
360 4.2 9.4 0 18.8 2 4 2 0 1
360 12.35 6.35 0 12.7 5 2 5 0 1
360 23.25 6.35 0 12.7 17 2 17 0 1
360 31.4 9.4 0 18.8 20 4 20 0 1
360 17.8 27.2 18.8 0 3 6 19 6 1
108 13.5 14.375 0 3.35 6 3 6 2 1
108 22.1 14.375 0 3.35 16 3 16 2 1
240 17.8 34.25 0 5.7 11 9 11 7 1
972 22.65 34.25 3.1 0 14 8 18 8 1
1044 3 3.05 0 6.1 1 1 1 0 1
1044 32.6 3.05 0 6.1 21 1 21 0 1
890 1.5 3.05 3 6.1 0 1 1 0 1
890 34.1 3.05 3 6.1 21 1 22 0 1
890 12.9 34.25 2.8 5.7 4 9 7 7 1
544 17.8 34.25 6.6 5.7 8 9 14 7 1
544 10.95 15.75 5.1 6.1 3 4 6 2 1
544 17.8 14.375 8.6 3.35 6 3 16 2 1
544 24.65 15.75 5.1 6.1 16 4 19 2 1
544 17.8 17.425 3 2.75 10 4 12 3 1
544 17.8 9.4 3 6.6 10 2 12 1 1
744 11.45 25.1 6.1 12.6 3 7 8 4 1
744 24.25 25.1 5.9 12.6 15 7 19 4 1
744 31.4 15.75 8.4 6.1 19 4 22 2 1
744 4.2 15.75 8.4 6.1 0 4 3 2 1
744 10.25 3.05 12.1 6.1 2 1 10 0 1
744 25.35 3.05 12.1 6.1 12 1 20 0 1
944 17.7 25.1 6.8 12.6 7 7 14 4 1
944 8.15 9.4 16.3 6.6 0 2 10 1 1
944 27.45 9.4 16.3 6.6 12 2 22 1 1
944 17.8 3.05 3 6.1 10 1 12 0 1
3 99 0.1019
6220.8 0 0 0 0 0 0 0 0 1
6220.8 8.4 0 0 0 3 0 3 0 1
6220.8 16.3 0 0 0 10 0 10 0 1
6220.8 19.3 0 0 0 12 0 12 0 1
6220.8 27.2 0 0 0 19 0 19 0 1
6220.8 35.6 0 0 0 22 0 22 0 1
6220.8 0 6.1 0 0 0 1 0 1 1
6220.8 8.4 6.1 0 0 3 1 3 1 1
6220.8 16.3 6.1 0 0 10 1 10 1 1
6220.8 19.3 6.1 0 0 12 1 12 1 1
6220.8 27.2 6.1 0 0 19 1 19 1 1
6220.8 35.6 6.1 0 0 22 1 22 1 1
6220.8 0 12.7 0 0 0 2 0 2 1
6220.8 8.4 12.7 0 0 3 2 3 2 1
6220.8 16.3 12.7 0 0 10 2 10 2 1
6220.8 19.3 12.7 0 0 12 2 12 2 1

6220.8 27.2 12.7 0 0 19 2 19 2 1
6220.8 35.6 12.7 0 0 22 2 22 2 1
6220.8 0 18.8 0 0 0 4 0 4 1
6220.8 8.4 18.8 0 0 3 4 3 4 1
6220.8 27.2 18.8 0 0 19 4 19 4 1
6220.8 35.6 18.8 0 0 22 4 22 4 1
6220.8 8.4 23 0 0 3 5 3 5 1
6220.8 14.5 23 0 0 8 5 8 5 1
6220.8 21.1 23 0 0 14 5 14 5 1
6220.8 27.2 23 0 0 19 5 19 5 1
6220.8 8.4 31.4 0 0 3 7 3 7 1
6220.8 11.5 31.4 0 0 4 7 4 7 1
6220.8 14.5 31.4 0 0 8 7 8 7 1
6220.8 21.1 31.4 0 0 14 7 14 7 1
6220.8 24.2 31.4 0 0 18 7 18 7 1
6220.8 27.2 31.4 0 0 19 7 19 7 1
6220.8 11.5 37.1 0 0 4 9 4 9 1
6220.8 14.5 37.1 0 0 8 9 8 9 1
6220.8 21.1 37.1 0 0 14 9 14 9 1
6220.8 24.2 37.1 0 0 18 9 18 9 1
3888 14.9 18.8 2.8 0 6 4 10 4 1
3888 20.7 18.8 2.8 0 12 4 16 4 1
2916 15.9 16.05 0.799999 0 9 3 10 3 1
2916 16.3 17.425 0 2.75 10 3 10 4 1
2916 13.9 16.05 0.800001 0 7 3 6 3 1
2916 13.5 17.425 0 2.75 6 3 6 4 1
2916 21.7 16.05 0.800001 0 15 3 16 3 1
2916 22.1 17.425 0 2.75 16 3 16 4 1
2916 19.7 16.05 0.800002 0 13 3 12 3 1
2916 19.3 17.425 0 2.75 12 3 12 4 1
1588.5 17.8 0 35.6 0 0 0 22 0 1
1588.5 4.2 18.8 8.4 0 0 4 3 4 1
1588.5 31.4 18.8 8.4 0 19 4 22 4 1
1588.5 9.95 31.4 3.1 0 3 7 4 7 1
1588.5 25.7 31.4 3 0 18 7 19 7 1
1444.5 11.5 34.25 0 5.7 4 7 4 9 1
1444.5 17.85 37.1 12.7 0 4 9 18 9 1
1444.5 24.2 34.25 0 5.7 18 9 18 7 1
1516.5 0 9.4 0 18.8 0 0 0 4 1
1516.5 8.4 25.1 0 12.6 3 7 3 4 1
1516.5 35.6 9.4 0 18.8 22 4 22 0 1
1516.5 27.2 25.1 0 12.6 19 7 19 4 1
720 17.8 12.7 35.6 0 0 2 22 2 1
720 17.8 6.1 35.6 0 0 1 22 1 1
720 14.5 27.95 0 18.3 8 9 8 4 1
720 21.1 27.95 0 18.3 14 9 14 4 1
576 17.85 31.4 12.7 0 4 7 18 7 1
576 17.8 18.8 18.8 0 3 4 19 4 1
504 8.4 9.4 0 18.8 3 4 3 0 1
504 27.2 9.4 0 18.8 19 4 19 0 1
504 17.8 23 18.8 0 3 5 19 5 1
504 16.3 8.025 0 16.05 10 3 10 0 1
504 19.3 8.025 0 16.05 12 3 12 0 1
360 4.2 9.4 0 18.8 2 4 2 0 1
360 12.35 6.35 0 12.7 5 2 5 0 1
360 23.25 6.35 0 12.7 17 2 17 0 1
360 31.4 9.4 0 18.8 20 4 20 0 1
360 17.8 27.2 18.8 0 3 6 19 6 1
108 13.5 14.375 0 3.35 6 3 6 2 1
108 22.1 14.375 0 3.35 16 3 16 2 1
240 17.8 34.25 0 5.7 11 9 11 7 1
1084.5 22.65 34.25 3.1 0 14 8 18 8 1
1156.5 3 3.05 0 6.1 1 1 1 0 1
1156.5 32.6 3.05 0 6.1 21 1 21 0 1
890 13 34.25 3 5.7 4 9 8 7 1
890 1.5 3.05 3 6.1 0 1 1 0 1
890 34.1 3.05 3 6.1 21 1 22 0 1
544 17.8 34.25 6.6 5.7 8 9 14 7 1
544 10.95 15.75 5.1 6.1 3 4 6 2 1
544 24.65 15.75 5.1 6.1 16 4 19 2 1
544 17.8 12.45 3 12.7 10 4 12 1 1
544 14.9 14.375 2.8 3.35 6 3 10 2 1
544 20.7 14.375 2.8 3.35 12 3 16 2 1
744 11.45 25.1 6.1 12.6 3 7 8 4 1

744 24.25 25.1 5.9 12.6 15 7 19 4 1
744 4.2 15.75 8.4 6.1 0 4 3 2 1
744 31.4 15.75 8.4 6.1 19 4 22 2 1
744 10.25 3.05 12.1 6.1 2 1 10 0 1
744 25.35 3.05 12.1 6.1 12 1 20 0 1
944 17.9 25.1 6.8 12.6 8 7 15 4 1
944 8.15 9.4 16.3 6.6 0 2 10 1 1
944 27.45 9.4 16.3 6.6 12 2 22 1 1
944 17.8 3.05 3 6.1 10 1 12 0 1
4 97 0.1019
6912 0 0 0 0 0 0 0 0 1
6912 8.4 0 0 0 3 0 3 0 1
6912 16.3 0 0 0 10 0 10 0 1
6912 19.3 0 0 0 12 0 12 0 1
6912 27.2 0 0 0 19 0 19 0 1
6912 35.6 0 0 0 22 0 22 0 1
6912 0 6.1 0 0 0 1 0 1 1
6912 8.4 6.1 0 0 3 1 3 1 1
6912 16.3 6.1 0 0 10 1 10 1 1
6912 19.3 6.1 0 0 12 1 12 1 1
6912 27.2 6.1 0 0 19 1 19 1 1
6912 35.6 6.1 0 0 22 1 22 1 1
6912 0 12.7 0 0 0 2 0 2 1
6912 8.4 12.7 0 0 3 2 3 2 1
6912 16.3 12.7 0 0 10 2 10 2 1
6912 19.3 12.7 0 0 12 2 12 2 1
6912 27.2 12.7 0 0 19 2 19 2 1
6912 35.6 12.7 0 0 22 2 22 2 1
6912 0 18.8 0 0 0 4 0 4 1
6912 8.4 18.8 0 0 3 4 3 4 1
6912 27.2 18.8 0 0 19 4 19 4 1
6912 35.6 18.8 0 0 22 4 22 4 1
6912 8.4 23 0 0 3 5 3 5 1
6912 14.5 23 0 0 8 5 8 5 1
6912 21.1 23 0 0 14 5 14 5 1
6912 27.2 23 0 0 19 5 19 5 1
6912 8.4 31.4 0 0 3 7 3 7 1
6912 11.5 31.4 0 0 4 7 4 7 1
6912 14.5 31.4 0 0 8 7 8 7 1
6912 21.1 31.4 0 0 14 7 14 7 1
6912 24.2 31.4 0 0 18 7 18 7 1
6912 27.2 31.4 0 0 19 7 19 7 1
6912 11.5 37.1 0 0 4 9 4 9 1
6912 14.5 37.1 0 0 8 9 8 9 1
6912 21.1 37.1 0 0 14 9 14 9 1
6912 24.2 37.1 0 0 18 9 18 9 1
4320 14.9 18.8 2.8 0 6 4 10 4 1
4320 20.7 18.8 2.8 0 12 4 16 4 1
3240 15.9 16.05 0.799999 0 9 3 10 3 1
3240 16.3 17.425 0 2.75 10 3 10 4 1
3240 13.9 16.05 0.800001 0 7 3 6 3 1
3240 13.5 17.425 0 2.75 6 3 6 4 1
3240 21.7 16.05 0.800001 0 15 3 16 3 1
3240 22.1 17.425 0 2.75 16 3 16 4 1
3240 19.7 16.05 0.800002 0 13 3 12 3 1
3240 19.3 17.425 0 2.75 12 3 12 4 1
1701 17.8 0 35.6 0 0 0 22 0 1
1701 4.2 18.8 8.4 0 0 4 3 4 1
1701 31.4 18.8 8.4 0 19 4 22 4 1
1701 9.95 31.4 3.1 0 3 7 4 7 1
1701 25.7 31.4 3 0 18 7 19 7 1
1557 11.5 34.25 0 5.7 4 7 4 9 1
1557 17.85 37.1 12.7 0 4 9 18 9 1
1557 24.2 34.25 0 5.7 18 9 18 7 1
1629 0 9.4 0 18.8 0 0 0 4 1
1629 8.4 25.1 0 12.6 3 7 3 4 1
1629 27.2 25.1 0 12.6 19 7 19 4 1
1629 35.6 9.4 0 18.8 22 4 22 0 1
720 17.8 6.1 35.6 0 0 1 22 1 1
720 17.8 12.7 35.6 0 0 2 22 2 1
720 14.5 27.95 0 18.3 8 9 8 4 1
720 21.1 27.95 0 18.3 14 9 14 4 1
576 17.85 31.4 12.7 0 4 7 18 7 1
576 17.8 18.8 18.8 0 3 4 19 4 1

504 17.8 23 18.8 0 3 5 19 5 1
504 8.4 9.4 0 18.8 3 4 3 0 1
504 27.2 9.4 0 18.8 19 4 19 0 1
504 16.3 8.025 0 16.05 10 3 10 0 1
504 19.3 8.025 0 16.05 12 3 12 0 1
360 4.2 9.4 0 18.8 2 4 2 0 1
360 12.35 6.35 0 12.7 5 2 5 0 1
360 23.25 6.35 0 12.7 17 2 17 0 1
360 31.4 9.4 0 18.8 20 4 20 0 1
360 17.8 27.2 18.8 0 3 6 19 6 1
108 13.5 14.375 0 3.35 6 3 6 2 1
108 22.1 14.375 0 3.35 16 3 16 2 1
240 17.8 34.25 0 5.7 11 9 11 7 1
1197 22.65 34.25 3.1 0 14 8 18 8 1
1269 3 3.05 0 6.1 1 1 1 0 1
1269 32.6 3.05 0 6.1 21 1 21 0 1
890 1.5 3.05 3 6.1 0 1 1 0 1
890 34.1 3.05 3 6.1 21 1 22 0 1
890 13 34.25 3 5.7 4 9 8 7 1
544 17.9 34.25 6.8 5.7 8 9 15 7 1
544 11.45 25.1 6.1 12.6 3 7 8 4 1
544 24.15 25.1 6.1 12.6 14 7 19 4 1
544 6.75 15.75 13.5 6.1 0 4 6 2 1
544 28.85 15.75 13.5 6.1 16 4 22 2 1
544 17.8 12.45 3 12.7 10 4 12 1 1
544 20.7 14.375 2.8 3.35 12 3 16 2 1
544 14.9 14.375 2.8 3.35 6 3 10 2 1
544 10.25 3.05 12.1 6.1 2 1 10 0 1
544 25.35 3.05 12.1 6.1 12 1 20 0 1
744 17.8 25.1 7 12.6 7 7 15 4 1
744 8.15 9.4 16.3 6.6 0 2 10 1 1
744 27.45 9.4 16.3 6.6 12 2 22 1 1
944 17.8 3.05 3 6.1 10 1 12 0 1
5 92 0.1019
8985.6 0 0 0 0 0 0 0 0 1
8985.6 8.4 0 0 0 3 0 3 0 1
8985.6 16.3 0 0 0 10 0 10 0 1
8985.6 19.3 0 0 0 12 0 12 0 1
8985.6 27.2 0 0 0 19 0 19 0 1
8985.6 35.6 0 0 0 22 0 22 0 1
8985.6 0 6.1 0 0 0 1 0 1 1
8985.6 8.4 6.1 0 0 3 1 3 1 1
8985.6 16.3 6.1 0 0 10 1 10 1 1
8985.6 19.3 6.1 0 0 12 1 12 1 1
8985.6 27.2 6.1 0 0 19 1 19 1 1
8985.6 35.6 6.1 0 0 22 1 22 1 1
8985.6 0 12.7 0 0 0 2 0 2 1
8985.6 8.4 12.7 0 0 3 2 3 2 1
8985.6 16.3 12.7 0 0 10 2 10 2 1
8985.6 19.3 12.7 0 0 12 2 12 2 1
8985.6 27.2 12.7 0 0 19 2 19 2 1
8985.6 35.6 12.7 0 0 22 2 22 2 1
8985.6 0 18.8 0 0 0 4 0 4 1
8985.6 8.4 18.8 0 0 3 4 3 4 1
8985.6 27.2 18.8 0 0 19 4 19 4 1
8985.6 35.6 18.8 0 0 22 4 22 4 1
8985.6 8.4 23 0 0 3 5 3 5 1
8985.6 14.3 23 0 0 7 5 7 5 1
8985.6 21.1 23 0 0 14 5 14 5 1
8985.6 27.2 23 0 0 19 5 19 5 1
8985.6 8.4 31.4 0 0 3 7 3 7 1
8985.6 11.5 31.4 0 0 4 7 4 7 1
8985.6 14.5 31.4 0 0 8 7 8 7 1
8985.6 21.1 31.4 0 0 14 7 14 7 1
8985.6 24.2 31.4 0 0 18 7 18 7 1
8985.6 27.2 31.4 0 0 19 7 19 7 1
8985.6 11.5 37.1 0 0 4 9 4 9 1
8985.6 14.5 37.1 0 0 8 9 8 9 1
8985.6 21.1 37.1 0 0 14 9 14 9 1
8985.6 24.2 37.1 0 0 18 9 18 9 1
5616 14.9 18.8 2.8 0 6 4 10 4 1
5616 20.7 18.8 2.8 0 12 4 16 4 1
4212 15.9 16.05 0.799999 0 9 3 10 3 1
4212 16.3 17.425 0 2.75 10 3 10 4 1

4212 13.9 16.05 0.800001 0 7 3 6 3 1
 4212 13.5 17.425 0 2.75 6 3 6 4 1
 4212 21.7 16.05 0.800001 0 15 3 16 3 1
 4212 22.1 17.425 0 2.75 16 3 16 4 1
 4212 19.7 16.05 0.800002 0 13 3 12 3 1
 4212 19.3 17.425 0 2.75 12 3 12 4 1
 2038.5 17.8 0 35.6 0 0 0 22 0 1
 2038.5 4.2 18.8 8.4 0 0 4 3 4 1
 2038.5 31.4 18.8 8.4 0 19 4 22 4 1
 2038.5 9.95 31.4 3.1 0 3 7 4 7 1
 2038.5 25.7 31.4 3 0 18 7 19 7 1
 1892.5 11.5 34.25 0 5.7 4 7 4 9 1
 1892.5 17.85 37.1 12.7 0 4 9 18 9 1
 1892.5 24.2 34.25 0 5.7 18 9 18 7 1
 1966.5 0 9.4 0 18.8 0 4 0 0 1
 1966.5 35.6 9.4 0 18.8 22 4 22 0 1
 1966.5 8.4 25.1 0 12.6 3 7 3 4 1
 1966.5 27.2 25.1 0 12.6 19 7 19 4 1
 576 17.85 31.4 12.7 0 4 7 18 7 1
 576 17.8 18.8 18.8 0 3 4 19 4 1
 720 17.8 6.1 35.6 0 0 1 22 1 1
 720 17.8 12.7 35.6 0 0 2 22 2 1
 720 14.5 27.95 0 18.3 8 9 8 4 1
 720 21.1 27.95 0 18.3 14 9 14 4 1
 504 17.8 23 18.8 0 3 5 19 5 1
 504 8.4 9.4 0 18.8 3 4 3 0 1
 504 27.2 9.4 0 18.8 19 4 19 0 1
 504 16.3 8.025 0 16.05 10 3 10 0 1
 504 19.3 8.025 0 16.05 12 3 12 0 1
 360 4.2 9.4 0 18.8 2 4 2 0 1
 360 12.35 6.35 0 12.7 5 2 5 0 1
 360 31.4 9.4 0 18.8 20 4 20 0 1
 360 23.25 6.35 0 12.7 17 2 17 0 1
 360 17.8 27.2 18.8 0 3 6 19 6 1
 108 13.5 14.375 0 3.35 6 3 6 2 1
 108 22.1 14.375 0 3.35 16 3 16 2 1
 240 17.8 34.25 0 5.7 11 9 11 7 1
 1534.5 22.75 34.25 2.9 0 15 8 18 8 1
 1606.5 3 3.05 0 6.1 1 1 1 0 1
 1606.5 32.6 3.05 0 6.1 21 1 21 0 1
 890 1.5 3.05 3 6.1 0 1 1 0 1
 890 34.1 3.05 3 6.1 21 1 22 0 1
 890 13 34.25 3 5.7 4 9 8 7 1
 544 17.9 34.25 6.8 5.7 8 9 15 7 1
 544 11.45 25.1 6.1 12.6 3 7 8 4 1
 544 24.25 25.1 5.9 12.6 15 7 19 4 1
 544 17.8 11.075 35.6 9.95 0 3 22 1 1
 544 28.85 17.425 13.5 2.75 16 4 22 3 1
 544 6.75 17.425 13.5 2.75 0 4 6 3 1
 544 17.8 17.425 3 2.75 10 4 12 3 1
 544 17.8 3.05 27.2 6.1 2 1 20 0 1
 744 17.9 25.1 6.8 12.6 8 7 15 4 1

\$ Story data

ATAP 3.6 1 0 0 0 0 0 0 0
 LT-7 3.6 2 0 0 0 0 0 0 0
 LT-6 3.6 2 0 0 0 0 0 0 0
 LT-5 3.6 2 0 0 0 0 0 0 0
 LT-4 3.6 2 0 0 0 0 0 0 0
 LT-3 4.5 3 0 0 0 0 0 0 0
 LT-2 4.5 4 0 0 0 0 0 0 0
 LT-1 3.6 5 0 0 0 0 0 0 0

\$ Frame member Material property data

1 C 2.33141E+009 2400 0.2 3.2E+007 2460600 3.2E+007
 2 W 2.33141E+009 2400 0.2 3.2E+007 2460600 3.2E+007

\$ Column section property data

1 1 RECT 0.8 0.8 0 0
 2 1 RECT 0.6 0.6 0 0

\$ Beam section property data

1 1 RECT 0.6 0 0.3 0 0
 2 1 RECT 0.6 0 0.4 0 0
 3 1 RECT 0.6 0 0.5 0 0
 4 1 RECT 0.7 0 0.3 0 0

\$ Panel section property data

1 2 0.3

2 2 0.4
 \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ Frame Control Data

1 8 50 73 0 80 0 205 2 16 8
 \$ X Grid line data
 0 8.4 11.5 13.5 14.3 14.5 15.5 16.3
 19.3 20.1 21.1 21.3 22.1 24.2 27.2 35.6

\$ Y Grid line data
 0 6.1 12.7 16.05 18.8 23 31.4 37.1

\$ Column line coordinates and orientation

1	0.000	0.000	0.000	1	1	3
2	8.400	0.000	0.000	2	1	3
3	16.300	0.000	0.000	8	1	3
4	19.300	0.000	0.000	9	1	3
5	27.200	0.000	0.000	15	1	3
6	35.600	0.000	0.000	16	1	3
7	0.000	6.100	0.000	1	2	3
8	8.400	6.100	0.000	2	2	3
9	16.300	6.100	0.000	8	2	3
10	19.300	6.100	0.000	9	2	3
11	27.200	6.100	0.000	15	2	3
12	35.600	6.100	0.000	16	2	3
13	0.000	12.700	0.000	1	3	3
14	8.400	12.700	0.000	2	3	3
15	16.300	12.700	0.000	8	3	3
16	19.300	12.700	0.000	9	3	3
17	27.200	12.700	0.000	15	3	3
18	35.600	12.700	0.000	16	3	3
19	13.500	16.050	0.000	4	4	3
20	14.300	16.050	0.000	5	4	3
21	15.500	16.050	0.000	7	4	3
22	16.300	16.050	0.000	8	4	3
23	19.300	16.050	0.000	9	4	3
24	20.100	16.050	0.000	10	4	3
25	21.300	16.050	0.000	12	4	3
26	22.100	16.050	0.000	13	4	3
27	0.000	18.800	0.000	1	5	3
28	8.400	18.800	0.000	2	5	3
29	13.500	18.800	0.000	4	5	3
30	14.500	18.800	0.000	6	5	3
31	16.300	18.800	0.000	8	5	3
32	19.300	18.800	0.000	9	5	3
33	21.100	18.800	0.000	11	5	3
34	22.100	18.800	0.000	13	5	3
35	27.200	18.800	0.000	15	5	3
36	35.600	18.800	0.000	16	5	3
37	8.400	23.000	0.000	2	6	3
38	14.500	23.000	0.000	6	6	3
39	21.100	23.000	0.000	11	6	3
40	27.200	23.000	0.000	15	6	3
41	8.400	31.400	0.000	2	7	3
42	11.500	31.400	0.000	3	7	3
43	14.500	31.400	0.000	6	7	3
44	21.100	31.400	0.000	11	7	3
45	24.200	31.400	0.000	14	7	3
46	27.200	31.400	0.000	15	7	3
47	11.500	37.100	0.000	3	8	3
48	14.500	37.100	0.000	6	8	3
49	21.100	37.100	0.000	11	8	3
50	24.200	37.100	0.000	14	8	3

\$ Bay connectivity

1	1	2
2	2	3
3	3	4
4	4	5
5	5	6
6	7	8
7	8	9
8	9	10
9	10	11
10	11	12
11	13	14
12	14	15
13	15	16

14 16 17
 15 17 18
 16 19 20
 17 20 21
 18 21 22
 19 23 24
 20 24 25
 21 25 26
 22 27 28
 23 28 29
 24 29 31
 25 31 32
 26 32 34
 27 34 35
 28 35 36
 29 37 38
 30 38 39
 31 39 40
 32 41 42
 33 42 43
 34 43 44
 35 44 45
 36 45 46
 37 47 48
 38 48 49
 39 49 50
 40 1 7
 41 7 13
 42 13 27
 43 2 8
 44 8 14
 45 14 28
 46 28 37
 47 37 41
 48 42 47
 49 19 29
 50 30 38
 51 38 43
 52 43 48
 53 3 9
 54 9 15
 55 15 22
 56 22 31
 57 4 10
 58 10 16
 59 16 23
 60 23 32
 61 33 39
 62 39 44
 63 44 49
 64 26 34
 65 45 50
 66 5 11
 67 11 17
 68 17 35
 69 35 40
 70 40 46
 71 6 12
 72 12 18
 73 18 36

\$ Beam span vertical loading patterns

1 1 349.65 0 0 0 0
 4.2 4104
 2 1 328.838 0 0 0 0
 3.95 3963.5
 3 0 333 0 0 0 0
 4 1 699.3 0 0 0 0
 4.2 8650.8
 5 1 657.675 0 0 0 0
 3.95 8340.3
 6 0 666 0 0 0 0
 7 2 753.412 0 0 0 0
 3.95 4376.8 5.1 1870.9
 8 2 753.412 0 0 0 0

2.8 1870.9 3.95 4376.8
9 0 1154.9 0 0 0 0
10 0 588.796 0 0 0 0
11 0 604.905 0 0 0 0
12 0 310.8 0 0 0 0
13 0 973.905 0 0 0 0
14 0 1177.6 0 0 0 0
15 0 1209.81 0 0 0 0
16 0 2721.95 1791.63 5685.4 0 0
17 1 1629.63 0 0 0 0
3.3 3192.4
18 0 1338.8 5685.4 171.628 0 0
19 0 750 3903.96 7797.73 0 0
20 1 2024.72 0 0 0 0
3.3 3192.4
21 0 750 5685.4 1791.63 0 0
22 0 1184.06 0 0 0 0
23 0 1240.09 0 0 0 0
24 0 1024.98 0 0 0 0
25 0 1044.25 0 0 0 0
26 0 816.868 0 0 0 0
27 0 651.298 1870.9 0 0 0
28 0 459.229 0 0 0 0
29 0 466.2 0 0 0 0
30 0 932.4 0 0 0 0
31 0 750 0 0 0 0
32 0 488.062 0 0 0 0
33 1 488.062 0 0 0 0
2.85 1458
34 1 750 0 0 0 0
2.85 1458
35 2 1836.6 2258.66 0 0 0
3 5443.08 4.2 4705.8
36 1 1560.64 0 0 0 0
3.95 8031.3
37 0 1769 0 0 0 0
38 2 1836.6 0 2258.66 0 0
4.2 4705.8 5.4 5443.08
39 2 3116.45 0 0 0 0
3 3184.2 4.2 16312.8
40 1 1518.78 0 0 0 0
3.95 19194.3
41 0 1338 0 0 0 0
42 2 3116.46 0 0 0 0
4.2 16312.8 5.4 3184.2
43 1 1614.9 0 0 0 0
4.2 19920.7
44 2 1655.48 0 0 0 0
3.95 11163 5.1 2561
45 0 938 0 0 0 0
46 2 1655.48 0 0 0 0
2.8 2561 3.95 11163
47 1 1602.45 0 0 0 0
4.2 8313.7
48 0 1980.2 0 0 0 0
49 0 1182.9 0 0 0 0
50 0 1578.57 0 0 0 0
51 0 437.733 0 0 0 0
52 0 2047.57 0 0 0 0
53 0 2365.79 0 0 0 0
54 0 3157.13 0 0 0 0
55 0 2082.9 0 0 0 0
56 0 3316.05 0 0 0 0
57 1 1965.49 0 0 0 0
3.3 4602.1
58 0 900 2112.33 2113.33 0 0
59 1 1286.93 0 0 0 0
3.3 4602.1
60 0 900 0 0 0 0
61 0 2478.57 0 0 0 0
62 0 2319.5 0 0 0 0
63 0 3089.93 0 0 0 0
64 0 2100.19 0 0 0 0
65 0 2335.01 0 0 0 0

66 0 2166.41 0 0 0 0
67 0 1150.48 0 0 0 0
68 0 917.294 2561 0 0 0
69 0 646.782 0 0 0 0
70 0 1836.6 0 0 0 0
71 0 2153.2 0 0 0 0
72 0 687.391 0 0 0 0
73 1 687.391 0 0 0 0
2.85 1458
74 1 900 0 0 0 0
2.85 1458
75 2 1836.6 2323.49 0 0 0
3 5507.69 4.2 4705.8
76 2 1836.6 0 2323.49 0 0
4.2 4705.8 5.4 5507.69
77 2 3290.3 0 0 0 0
3 3184.32 4.2 16312.8
78 2 3290.3 0 0 0 0
4.2 16312.8 5.4 3184.2
79 0 3427.51 0 0 0 0
80 0 900 2240.76 2240.76 0 0
81 2 1781.6 2323.49 0 0 0
3 6193.98 4.2 3627.3
82 1 1588.14 0 0 0 0
3.95 5958.5
83 0 1994 0 0 0 0
84 2 1781.6 0 2323.49 0 0
4.2 3627.3 5.4 6193.98
85 2 3080.3 0 0 0 0
3 3870.5 4.2 12836
86 1 1123.78 0 0 0 0
3.95 14825.8
87 0 1338 0 0 0 0
88 2 3080.3 0 0 0 0
4.2 12836 5.4 3870.5
89 1 1194.9 0 0 0 0
4.2 15365.2
90 2 1457.94 0 0 0 0
3.95 8867.3 5.1 2561
91 0 938 0 0 0 0
92 2 1457.94 0 0 0 0
2.8 2561 3.95 8867.3
93 1 1617.45 0 0 0 0
4.2 6156.5
94 0 1626.57 0 0 0 0
95 0 829.266 0 0 0 0
96 0 1215.26 0 0 0 0
97 0 1684.26 0 0 0 0
98 0 1658.53 0 0 0 0
99 0 2430.52 0 0 0 0
100 0 1954.27 0 0 0 0
101 0 3073.88 0 0 0 0
102 1 1602.08 0 0 0 0
3.3 4602.1
103 0 1125 2240.76 2240.76 0 0
104 1 1511.92 0 0 0 0
3.3 4602.1
105 0 1125 0 0 0 0
106 0 2340.26 0 0 0 0
107 0 1954.27 0 0 0 0
108 0 2378.78 0 0 0 0
109 0 1746.56 0 0 0 0
110 0 1995.22 0 0 0 0
111 0 1818.57 0 0 0 0
112 0 1150.48 0 0 0 0
113 0 917.294 2561 0 0 0
114 0 646.782 0 0 0 0
115 0 1781.6 0 0 0 0
116 0 1593.2 0 0 0 0
117 0 687.391 0 0 0 0
118 1 687.391 0 0 0 0
2.85 1795.5
119 1 1125 0 0 0 0
2.85 1795.5

120 2 1781.6 2258.66 0 0 0
3 6129.55 4.2 3627.3
121 0 1594 0 0 0 0
122 2 1781 0 2258.66 0 0
4.2 3627.3 5.4 6129.15
123 2 2716.46 0 0 0 0
3 3870.5 4.2 10438.2
124 1 926.275 0 0 0 0
3.95 12530
125 2 2716.46 0 0 0 0
4.2 10438.2 5.4 3870.5
126 0 938 0 0 0 0
127 1 984.9 0 0 0 0
4.2 12967.4
128 2 1260.44 0 0 0 0
3.95 6571.5 5.1 2561
129 2 1260.44 0 0 0 0
2.8 2561 3.95 6571.5
130 0 2962.4 0 0 0 0
131 0 1125 2112.33 2112.33 0 0
132 0 1976.95 0 0 0 0
133 0 1667.64 0 0 0 0
134 0 1443.59 0 0 0 0
135 0 1470.73 0 0 0 0
136 1 78.75 0 0 0 0
4.2 808.95
137 1 74.0625 0 0 0 0
3.95 777.3
138 0 75 0 0 0 0
139 1 157 0 0 0 0
4.2 1708.13
140 1 148.125 0 0 0 0
3.95 1207.76
141 0 150 0 0 0 0
142 2 169.688 0 0 0 0
3.95 430.455 5.1 380.625
143 2 169.688 0 0 0 0
2.8 380.625 3.95 430.455
144 0 260.112 0 0 0 0
145 0 132.612 0 0 0 0
146 0 136.24 0 0 0 0
147 0 70 0 0 0 0
148 0 211.24 0 0 0 0
149 0 265.224 0 0 0 0
150 0 272.48 0 0 0 0
151 0 898.257 403.519 1234.27 0 0
152 1 198.115 0 0 0 0
3.3 626.565
153 0 132.612 1645.7 403.52 0 0
154 0 0 1178.8 2009.56 0 0
155 1 61.875 0 0 0 0
3.3 626.565
156 0 0 1234.27 403.52 0 0
157 0 266.68 0 0 0 0
158 0 279.301 0 0 0 0
159 0 230.852 0 0 0 0
160 0 235.192 0 0 0 0
161 0 183.979 0 0 0 0
162 0 146.689 380.625 0 0 0
163 0 103.43 0 0 0 0
164 0 105 0 0 0 0
165 0 210 0 0 0 0
166 0 109.924 0 0 0 0
167 2 262.5 825.143 0 0 0
3 825.142 4.2 1011.15
168 1 185.155 0 0 0 0
3.95 1943.18
169 0 187 0 0 0 0
170 2 262.5 0 825.143 0 0
4.2 1011.15 5.4 825.143
171 1 1014.78 0 0 0 0
4.2 3259.13
172 1 370.312 0 0 0 0
3.95 4095.45

173 0 375 0 0 0 0
 174 1 393.75 0 0 0 0
 4.2 4270.28
 175 2 503.906 0 0 0 0
 3.95 2152.28 5.1 951.525
 176 2 503.906 0 0 0 0
 2.8 951.525 3.95 2152.27
 177 1 196.875 0 0 0 0
 4.2 2022.3
 178 0 650.279 0 0 0 0
 179 0 331.529 0 0 0 0
 180 0 340.6 0 0 0 0
 181 0 528.1 0 0 0 0
 182 0 663.059 0 0 0 0
 183 0 681.199 0 0 0 0
 184 0 1097.17 0 0 0 0
 185 1 495.287 0 0 0 0
 3.3 1566.45
 186 0 0 775.282 775.282 0 0
 187 1 154.688 0 0 0 0
 3.3 1566.45
 188 0 650.084 0 0 0 0
 189 0 666.699 0 0 0 0
 190 0 698.252 0 0 0 0
 191 0 577.129 0 0 0 0
 192 0 587.98 0 0 0 0
 193 0 499.948 0 0 0 0
 194 0 366.722 951.525 0 0 0
 195 0 258.575 0 0 0 0
 196 0 262.5 0 0 0 0
 197 0 525 0 0 0 0
 198 0 274.81 0 0 0 0
 199 2 262.5 835.267 0 0 0
 3 835.268 4.2 1011.15
 200 2 262.5 0 835.268 0 0
 4.2 1011.15 5.4 835.268
 201 1 1012.53 0 0 0 0
 4.2 3259.13
 202 0 1093.35 0 0 0 0
 203 0 0 783.259 783.259 0 0
 204 0 175 0 0 0 0
 205 0 1091.86 0 0 0 0

\$ Column Location Data

1 0 ATAP	2	3	0	0
1 0 LT-4	1	3	0	0
2 0 ATAP	2	3	0	0
2 0 LT-4	1	3	0	0
3 0 ATAP	2	3	0	0
3 0 LT-4	1	3	0	0
4 0 ATAP	2	3	0	0
4 0 LT-4	1	3	0	0
5 0 ATAP	2	3	0	0
5 0 LT-4	1	3	0	0
6 0 ATAP	2	3	0	0
6 0 LT-4	1	3	0	0
7 0 ATAP	2	3	0	0
7 0 LT-4	1	3	0	0
8 0 ATAP	2	3	0	0
8 0 LT-4	1	3	0	0
9 0 ATAP	2	3	0	0
9 0 LT-4	1	3	0	0
10 0 ATAP	2	3	0	0
10 0 LT-4	1	3	0	0
11 0 ATAP	2	3	0	0
11 0 LT-4	1	3	0	0
12 0 ATAP	2	3	0	0
12 0 LT-4	1	3	0	0
13 0 ATAP	2	3	0	0
13 0 LT-4	1	3	0	0
14 0 ATAP	2	3	0	0
14 0 LT-4	1	3	0	0
15 0 ATAP	2	3	0	0
15 0 LT-4	1	3	0	0
16 0 ATAP	2	3	0	0

16 0	LT-4	1	3	0	0
17 0	ATAP	2	3	0	0
17 0	LT-4	1	3	0	0
18 0	ATAP	2	3	0	0
18 0	LT-4	1	3	0	0
27 0	ATAP	2	3	0	0
27 0	LT-4	1	3	0	0
28 0	ATAP	2	3	0	0
28 0	LT-4	1	3	0	0
35 0	ATAP	2	3	0	0
35 0	LT-4	1	3	0	0
36 0	ATAP	2	3	0	0
36 0	LT-4	1	3	0	0
37 0	ATAP	2	3	0	0
37 0	LT-4	1	3	0	0
38 0	ATAP	2	3	0	0
38 0	LT-4	1	3	0	0
39 0	ATAP	2	3	0	0
39 0	LT-4	1	3	0	0
40 0	ATAP	2	3	0	0
40 0	LT-4	1	3	0	0
41 0	ATAP	2	3	0	0
41 0	LT-4	1	3	0	0
42 0	ATAP	2	3	0	0
42 0	LT-4	1	3	0	0
43 0	ATAP	2	3	0	0
43 0	LT-4	1	3	0	0
44 0	ATAP	2	3	0	0
44 0	LT-4	1	3	0	0
45 0	ATAP	2	3	0	0
45 0	LT-4	1	3	0	0
46 0	ATAP	2	3	0	0
46 0	LT-4	1	3	0	0
47 0	ATAP	2	3	0	0
47 0	LT-4	1	3	0	0
48 0	ATAP	2	3	0	0
48 0	LT-4	1	3	0	0
49 0	ATAP	2	3	0	0
49 0	LT-4	1	3	0	0
50 0	ATAP	2	3	0	0
50 0	LT-4	1	3	0	0

\$ Beam Location Data

1 0	ATAP	2	7	0
2 0	ATAP	2	7	0
3 0	ATAP	2	7	0
4 0	ATAP	2	7	0
5 0	ATAP	2	7	0
6 0	ATAP	3	7	0
7 0	ATAP	3	7	0
8 0	ATAP	3	7	0
9 0	ATAP	3	7	0
10 0	ATAP	3	7	0
11 0	ATAP	3	7	0
12 0	ATAP	3	7	0
13 0	ATAP	3	7	0
14 0	ATAP	3	7	0
15 0	ATAP	3	7	0
17 0	ATAP	1	7	0
20 0	ATAP	1	7	0
22 0	ATAP	2	7	0
23 0	ATAP	2	7	0
25 0	ATAP	2	7	0
27 0	ATAP	2	7	0
28 0	ATAP	2	7	0
29 0	ATAP	4	7	0
30 0	ATAP	4	7	0
31 0	ATAP	4	7	0
32 0	ATAP	2	7	0
33 0	ATAP	2	7	0
34 0	ATAP	2	7	0
35 0	ATAP	2	7	0
36 0	ATAP	2	7	0
37 0	ATAP	1	7	0

38	0	ATAP	1	7	0
39	0	ATAP	1	7	0
40	0	ATAP	4	7	0
41	0	ATAP	4	7	0
42	0	ATAP	4	7	0
43	0	ATAP	4	7	0
44	0	ATAP	4	7	0
45	0	ATAP	4	7	0
46	0	ATAP	1	7	0
47	0	ATAP	4	7	0
48	0	ATAP	1	7	0
50	0	ATAP	3	7	0
51	0	ATAP	3	7	0
52	0	ATAP	3	7	0
53	0	ATAP	4	7	0
54	0	ATAP	4	7	0
55	0	ATAP	4	7	0
57	0	ATAP	4	7	0
58	0	ATAP	4	7	0
59	0	ATAP	4	7	0
61	0	ATAP	3	7	0
62	0	ATAP	3	7	0
63	0	ATAP	3	7	0
65	0	ATAP	1	7	0
66	0	ATAP	4	7	0
67	0	ATAP	4	7	0
68	0	ATAP	4	7	0
69	0	ATAP	1	7	0
70	0	ATAP	4	7	0
71	0	ATAP	4	7	0
72	0	ATAP	4	7	0
73	0	ATAP	4	7	0

\$ Panel Location Data

1	ATAP	19	29	1	7
1	ATAP	20	19	1	7
1	ATAP	21	22	1	7
1	ATAP	22	31	1	7
1	ATAP	23	24	1	7
1	ATAP	23	32	1	7
1	ATAP	25	26	1	7
1	ATAP	26	34	1	7
1	ATAP	29	31	2	7
1	ATAP	32	34	2	7

\$ Span Loading Location Data

1	0	ATAP	1	136	0	0
1	0	LT-7	35	167	0	3
1	0	LT-3	75	199	0	0
1	0	LT-2	81	199	0	0
1	0	LT-1	120	167	0	0
2	0	ATAP	2	137	0	0
2	0	LT-7	36	168	0	4
2	0	LT-2	82	168	0	1
3	0	ATAP	3	138	0	0
3	0	LT-7	37	169	0	4
3	0	LT-2	83	169	0	0
3	0	LT-1	121	169	0	0
4	0	ATAP	2	137	0	0
4	0	LT-7	36	168	0	4
4	0	LT-2	82	168	0	1
5	0	ATAP	1	136	0	0
5	0	LT-7	38	170	0	3
5	0	LT-3	76	200	0	0
5	0	LT-2	84	200	0	0
5	0	LT-1	122	170	0	0
6	0	ATAP	4	139	0	0
6	0	LT-7	39	171	0	3
6	0	LT-3	77	201	0	0
6	0	LT-2	85	201	0	0
6	0	LT-1	123	171	0	0
7	0	ATAP	5	140	0	0
7	0	LT-7	40	172	0	4
7	0	LT-2	86	172	0	0
7	0	LT-1	124	172	0	0

8 0 ATAP	6 141	0	0
8 0 LT-7	41 173	0	4
8 0 LT-2	87 173	0	0
8 0 LT-1	126 173	0	0
9 0 ATAP	5 140	0	0
9 0 LT-7	40 172	0	4
9 0 LT-2	86 172	0	0
9 0 LT-1	124 172	0	0
10 0 ATAP	4 139	0	0
10 0 LT-7	42 171	0	3
10 0 LT-3	78 201	0	0
10 0 LT-2	88 201	0	0
10 0 LT-1	125 171	0	0
11 0 ATAP	4 139	0	0
11 0 LT-7	43 174	0	4
11 0 LT-2	89 174	0	0
11 0 LT-1	127 174	0	0
12 0 ATAP	7 142	0	0
12 0 LT-7	44 175	0	4
12 0 LT-2	90 175	0	0
12 0 LT-1	128 175	0	0
13 0 ATAP	6 141	0	0
13 0 LT-7	45 173	0	4
13 0 LT-2	112 193	0	0
13 0 LT-1	126 173	0	0
14 0 ATAP	8 143	0	0
14 0 LT-7	46 176	0	4
14 0 LT-2	92 176	0	0
14 0 LT-1	128 175	0	0
15 0 ATAP	4 139	0	0
15 0 LT-7	43 174	0	4
15 0 LT-2	89 174	0	0
15 0 LT-1	127 174	0	0
17 0 ATAP	12 147	0	0
17 0 LT-7	51 204	0	6
20 0 ATAP	12 147	0	0
20 0 LT-7	51 204	0	6
22 0 ATAP	1 136	0	0
22 0 LT-7	47 177	0	4
22 0 LT-2	93 177	0	1
23 0 ATAP	9 144	0	0
23 0 LT-7	48 178	0	4
23 0 LT-2	94 178	0	1
25 0 ATAP	13 148	0	0
25 0 LT-7	52 181	0	4
25 0 LT-2	97 181	0	1
27 0 ATAP	9 144	0	0
27 0 LT-7	48 178	0	4
27 0 LT-2	94 178	0	1
28 0 ATAP	1 136	0	0
28 0 LT-7	47 177	0	4
28 0 LT-2	93 177	0	1
29 0 ATAP	14 149	0	0
29 0 LT-7	53 182	0	4
29 0 LT-2	98 182	0	1
30 0 ATAP	15 150	0	0
30 0 LT-7	54 183	0	4
30 0 LT-2	99 183	0	1
31 0 ATAP	14 149	0	0
31 0 LT-7	53 182	0	4
31 0 LT-2	98 182	0	1
32 0 ATAP	10 145	0	0
32 0 LT-7	55 179	0	4
32 0 LT-2	100 179	0	1
33 0 ATAP	16 151	0	0
33 0 LT-7	56 184	0	3
33 0 LT-3	79 202	0	0
33 0 LT-2	101 205	0	0
33 0 LT-1	130 184	0	0
34 0 ATAP	17 152	0	0
34 0 LT-7	57 185	0	4
34 0 LT-2	102 185	0	1
35 0 ATAP	18 153	0	0
35 0 LT-7	49 179	0	4

35	0	LT-2	95	179	0	1
36	0	ATAP	10	145	0	0
36	0	LT-7	55	179	0	4
36	0	LT-2	100	179	0	1
37	0	ATAP	19	154	0	0
37	0	LT-7	58	186	0	3
37	0	LT-3	80	203	0	0
37	0	LT-2	103	203	0	0
37	0	LT-1	131	186	0	0
38	0	ATAP	20	155	0	0
38	0	LT-7	59	187	0	4
38	0	LT-2	104	187	0	1
39	0	ATAP	21	156	0	0
39	0	LT-7	60	0	0	4
39	0	LT-2	105	0	0	1
40	0	ATAP	10	145	0	0
40	0	LT-7	60	0	0	4
40	0	LT-2	105	0	0	1
41	0	ATAP	11	146	0	0
41	0	LT-7	61	180	0	4
41	0	LT-2	106	180	0	0
41	0	LT-1	132	180	0	0
42	0	ATAP	10	145	0	0
42	0	LT-7	55	179	0	4
42	0	LT-2	107	179	0	1
43	0	ATAP	9	144	0	0
43	0	LT-7	62	188	0	4
43	0	LT-2	94	188	0	1
44	0	ATAP	22	157	0	0
44	0	LT-7	63	189	0	4
44	0	LT-2	108	189	0	0
44	0	LT-1	133	189	0	0
45	0	ATAP	23	158	0	0
45	0	LT-7	64	190	0	4
45	0	LT-2	109	190	0	1
46	0	ATAP	29	164	0	0
46	0	LT-7	70	196	0	4
46	0	LT-2	115	196	0	1
47	0	ATAP	1	136	0	0
47	0	LT-7	47	177	0	4
47	0	LT-2	93	177	0	1
48	0	ATAP	31	0	0	0
48	0	LT-7	60	0	0	4
48	0	LT-2	105	0	0	1
49	0	ATAP	4	139	0	0
50	0	ATAP	30	165	0	0
50	0	LT-7	71	197	0	4
50	0	LT-2	116	197	0	1
51	0	ATAP	4	139	0	0
51	0	LT-7	43	174	0	4
51	0	LT-2	89	174	0	1
52	0	ATAP	32	166	0	0
52	0	LT-7	72	198	0	4
52	0	LT-2	117	198	0	1
53	0	ATAP	24	159	0	0
53	0	LT-7	65	191	0	4
53	0	LT-2	110	191	0	0
53	0	LT-1	134	191	0	0
54	0	ATAP	25	160	0	0
54	0	LT-7	66	192	0	4
54	0	LT-2	111	192	0	0
54	0	LT-1	135	192	0	0
55	0	ATAP	26	161	0	0
55	0	LT-7	67	193	0	4
55	0	LT-2	112	193	0	1
57	0	ATAP	24	159	0	0
57	0	LT-7	65	191	0	4
57	0	LT-2	110	191	0	0
57	0	LT-1	134	191	0	0
58	0	ATAP	25	160	0	0
58	0	LT-7	66	192	0	4
58	0	LT-2	111	192	0	0
58	0	LT-1	135	192	0	0
59	0	ATAP	26	161	0	0

59	0	LT-2	112	193	0	1
61	0	ATAP	30	165	0	0
61	0	LT-7	71	197	0	4
61	0	LT-2	116	197	0	1
62	0	ATAP	4	139	0	0
62	0	LT-7	43	174	0	4
62	0	LT-2	89	174	0	1
63	0	ATAP	33	166	0	0
63	0	LT-7	73	198	0	4
63	0	LT-2	117	198	0	1
64	0	ATAP	9	144	0	0
65	0	ATAP	34	0	0	0
65	0	LT-7	74	0	0	4
65	0	LT-2	119	0	0	1
66	0	ATAP	9	144	0	0
66	0	LT-7	62	188	0	4
66	0	LT-2	94	188	0	1
67	0	ATAP	22	157	0	0
67	0	LT-7	63	189	0	4
67	0	LT-2	108	189	0	0
67	0	LT-1	133	189	0	0
68	0	ATAP	23	158	0	0
68	0	LT-7	64	190	0	4
68	0	LT-2	109	190	0	1
69	0	ATAP	29	164	0	0
69	0	LT-7	70	196	0	4
69	0	LT-2	115	196	0	1
70	0	ATAP	1	136	0	0
70	0	LT-7	47	177	0	4
70	0	LT-2	93	177	0	1
71	0	ATAP	10	145	0	0
71	0	LT-7	60	0	0	4
71	0	LT-2	105	0	0	1
72	0	ATAP	11	146	0	0
72	0	LT-7	61	180	0	4
72	0	LT-2	106	180	0	0
72	0	LT-1	132	180	0	0
73	0	ATAP	10	145	0	0
73	0	LT-7	55	179	0	4
73	0	LT-2	107	179	0	1

\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ Frame Location data
 1 0 0.000 0.000 0.0

\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ Building Loading

\$ Response Spectrum Lateral loads
 ANALISA GEMPA ZONE 4 PPTGIUG'83

2 4 CQC 13.9 0.05

0 90 0

0 0.05

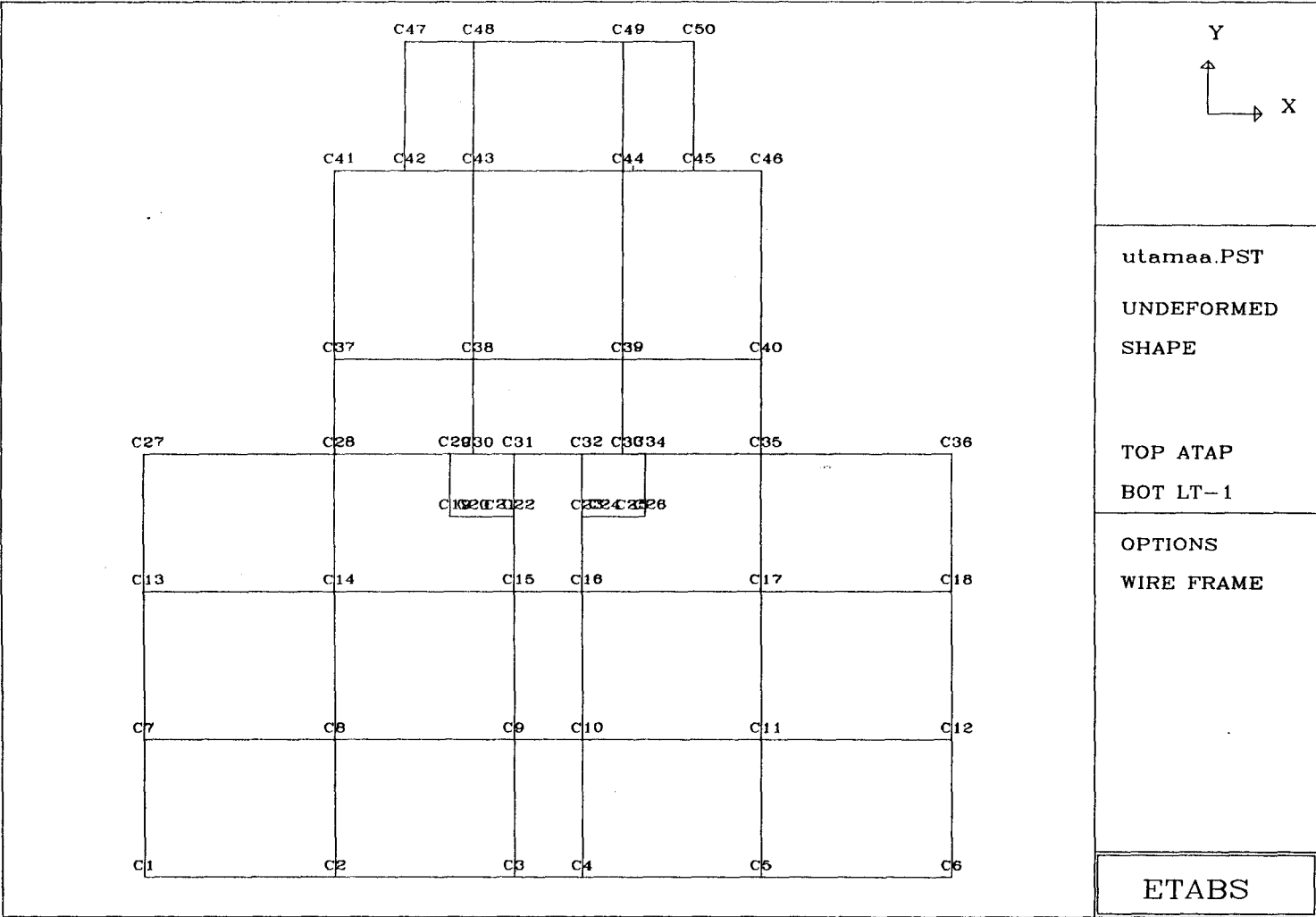
1 0.05

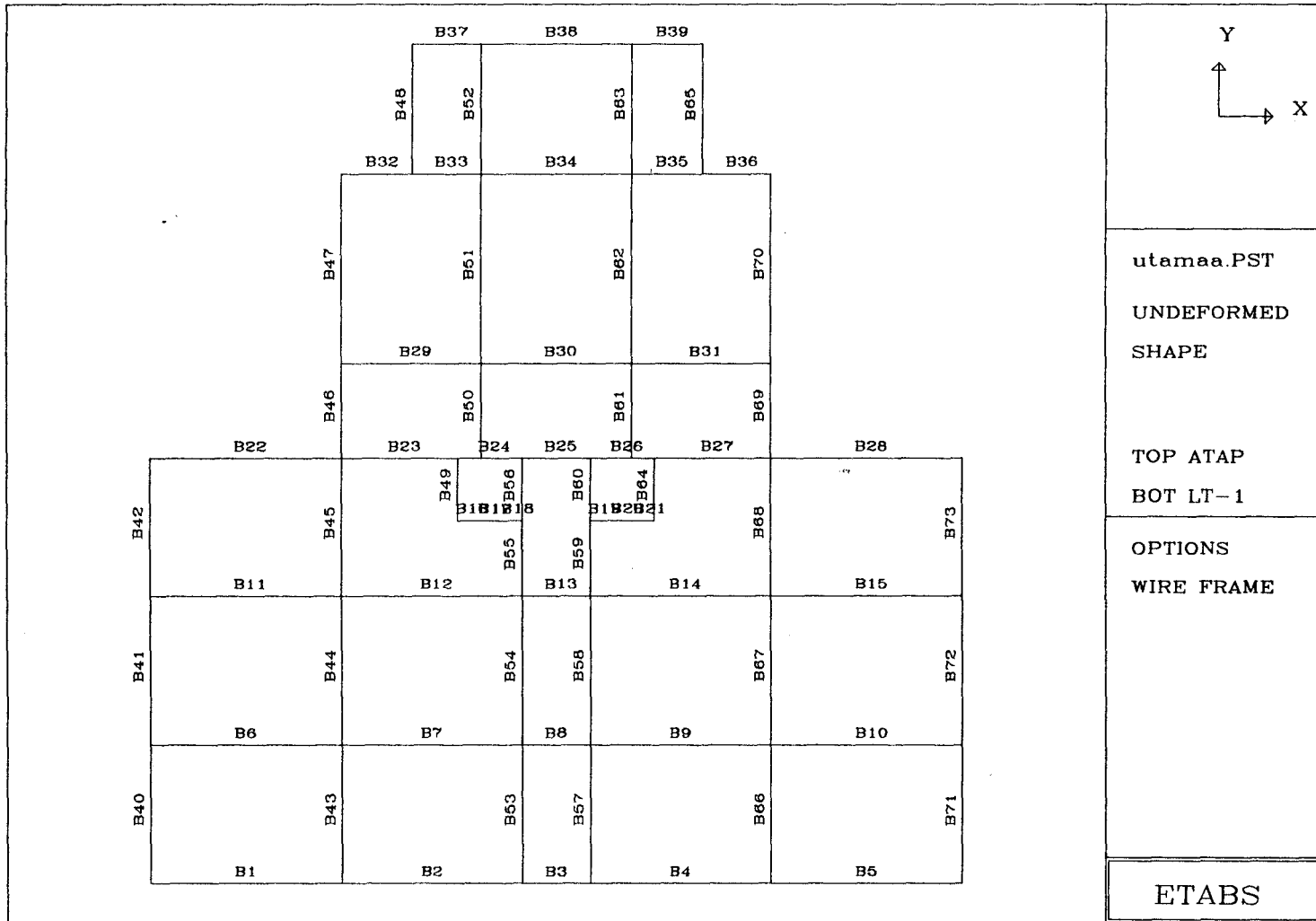
2 0.025

3 0.025

\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$ Building Load Cases

1	0	1.20	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0	1.05	1.05	0.00	0.00	0.00	2.10	0.63	0.00
3	0	1.05	1.05	0.00	0.00	0.00	0.63	2.10	0.00

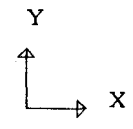
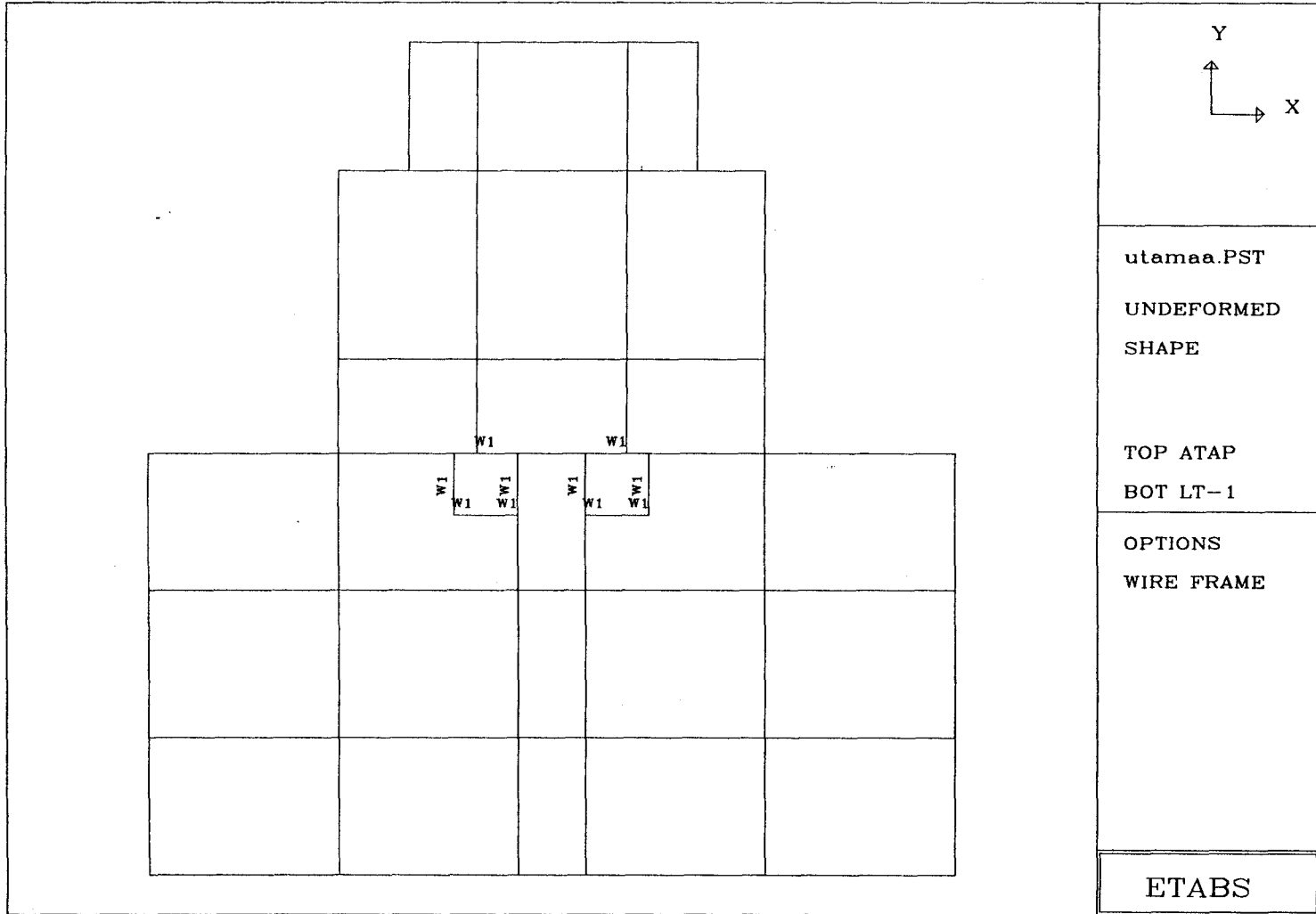




utamaa.PST
 UNDEFORMED
 SHAPE
 TOP ATAP
 BOT LT-1

OPTIONS
 WIRE FRAME

ETABS

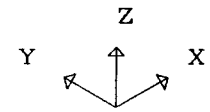
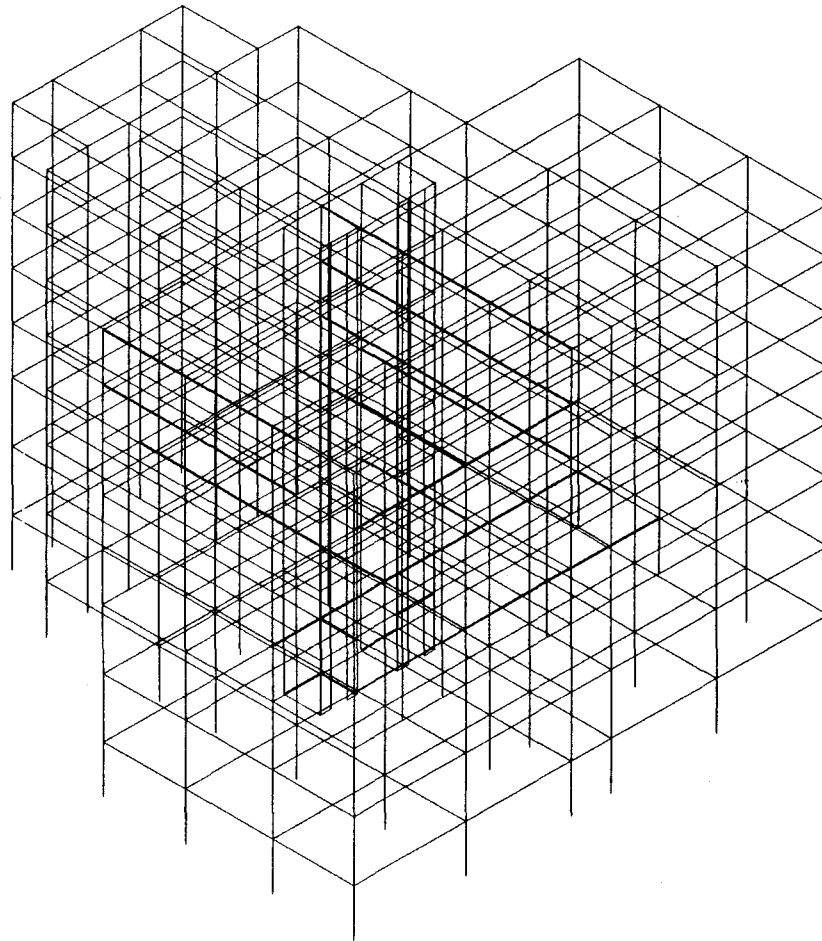


utamaa.PST
UNDEFORMED
SHAPE

TOP ATAP
BOT LT-1

OPTIONS
WIRE FRAME

ETABS



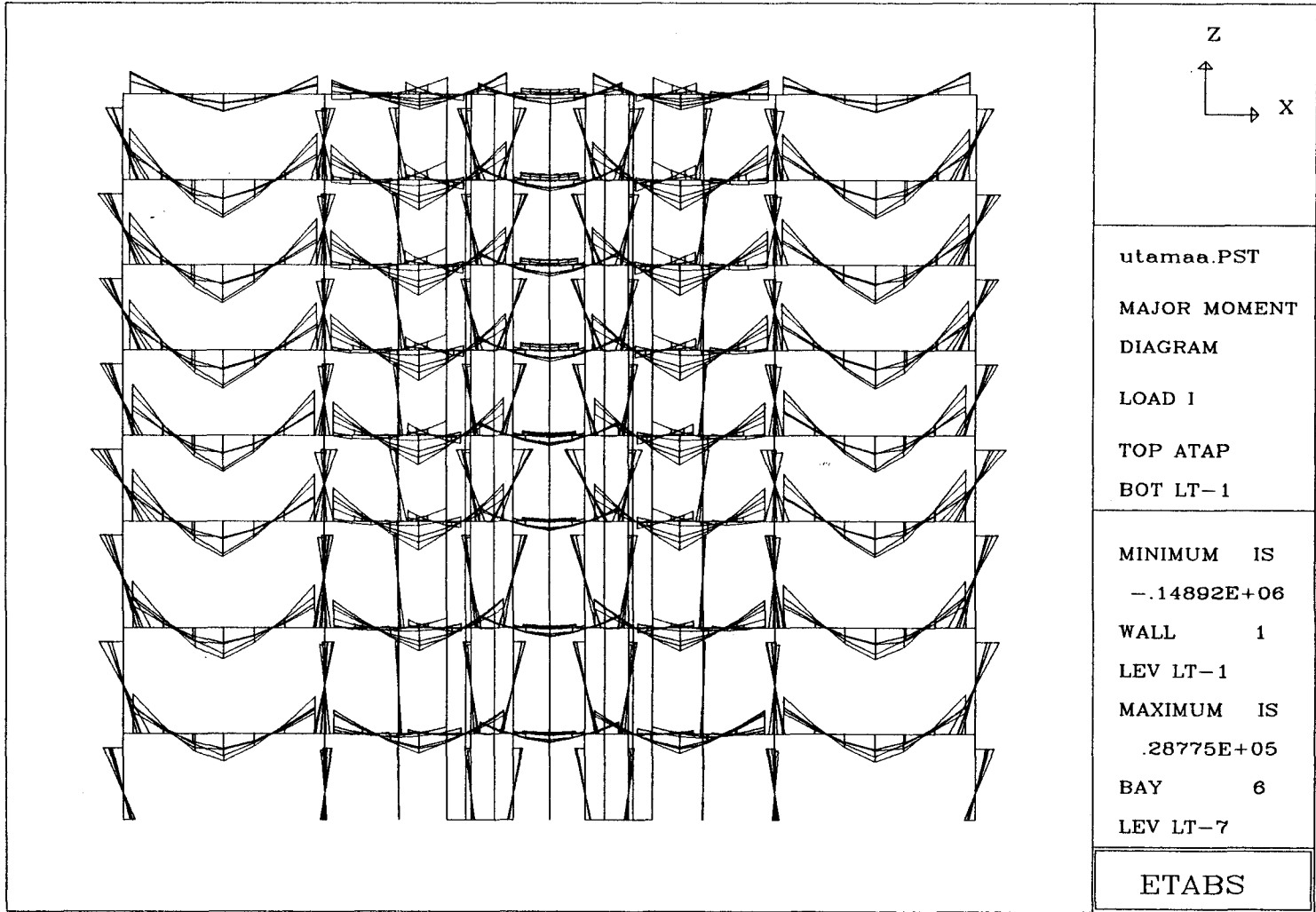
utamaa.PST

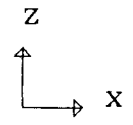
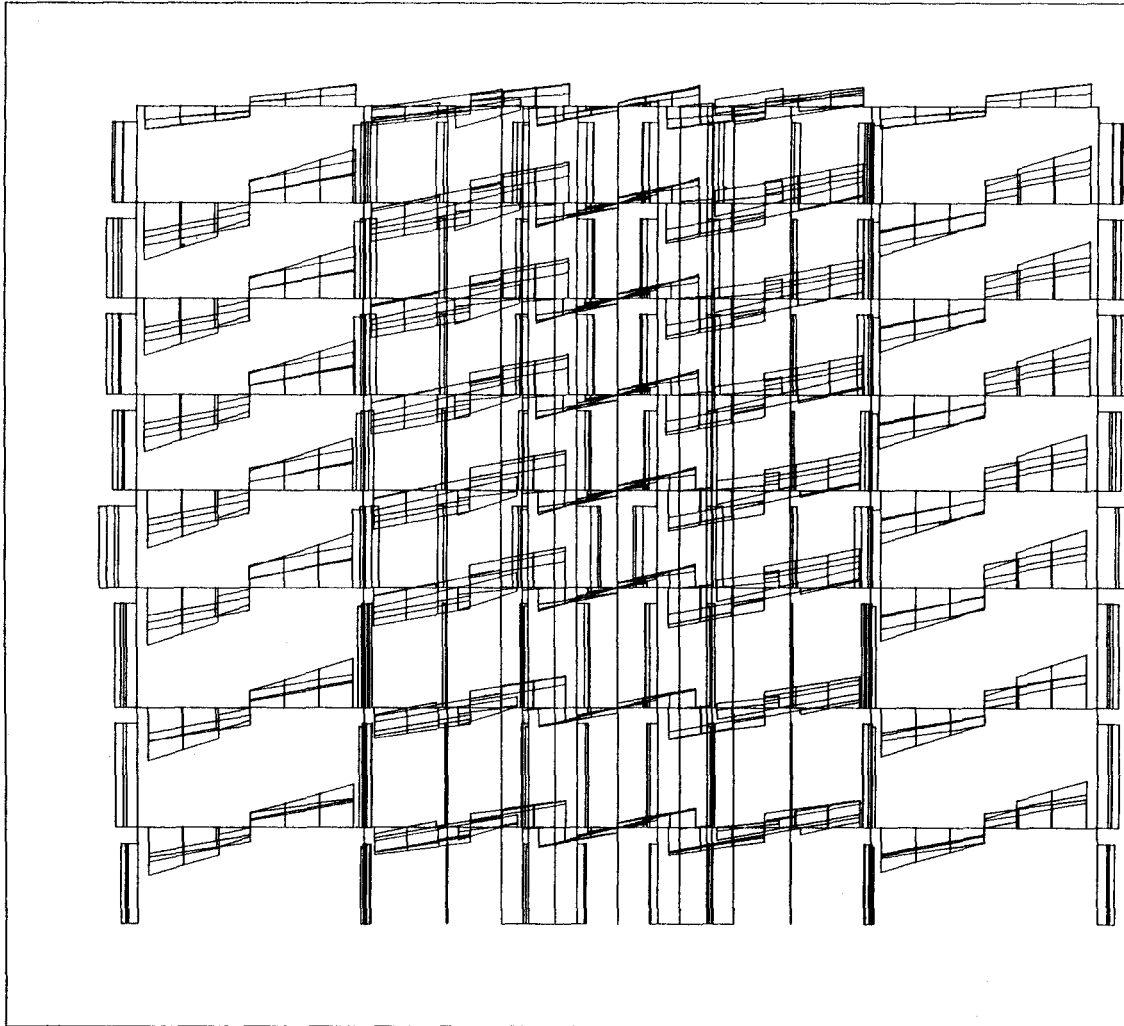
UNDEFORMED
SHAPE

TOP ATAP
BOT LT-1

OPTIONS
HIDDEN LINES

ETABS

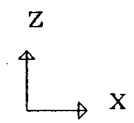
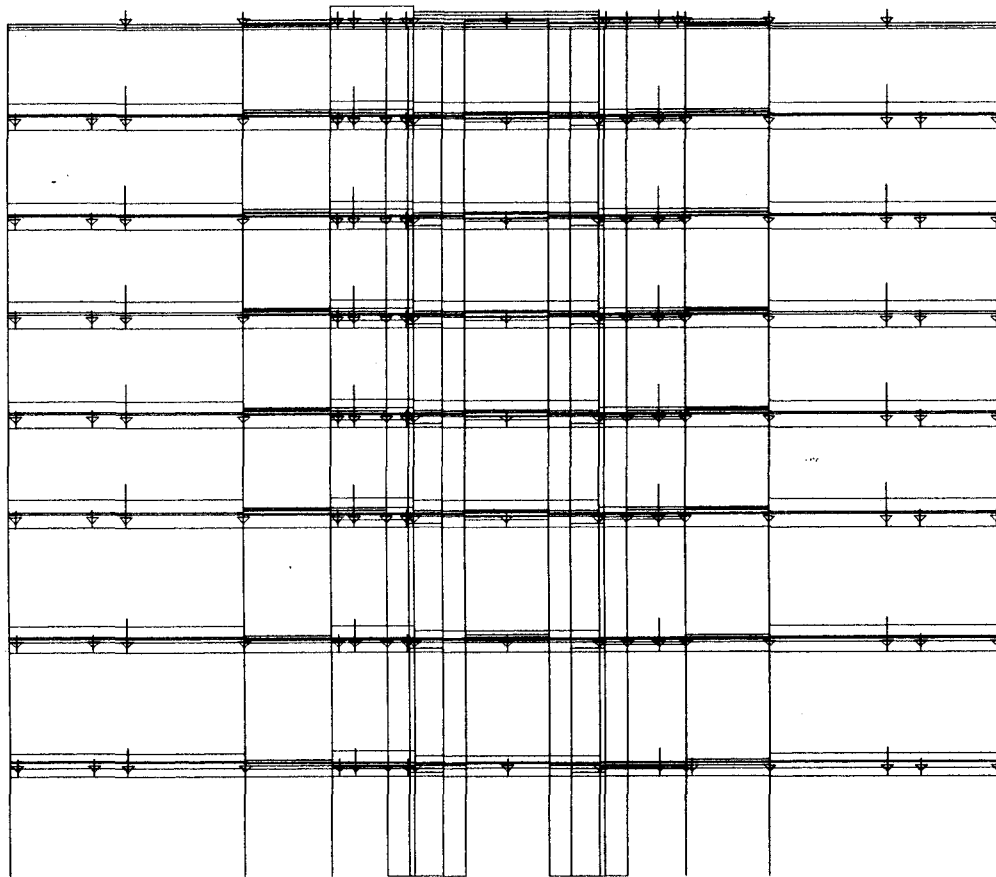




utamaa.PST
MAJOR SHEAR
DIAGRAM
LOAD I
TOP ATAP
BOT LT-1

MINIMUM IS
-.25976E+05
BAY 6
LEV LT-3
MAXIMUM IS
.25976E+05
BAY 10
LEV LT-3

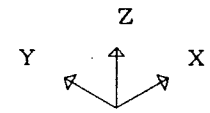
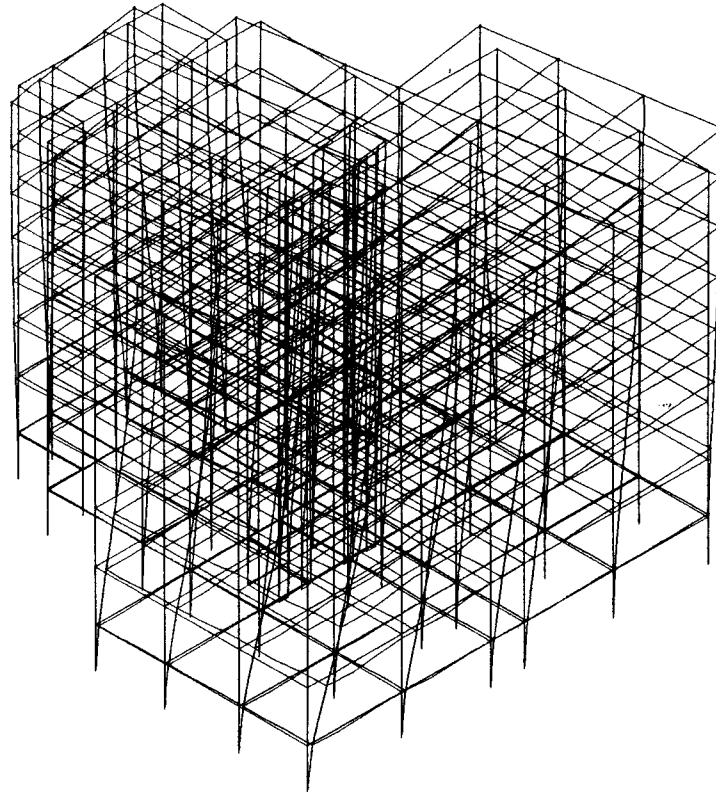
ETABS



utamaa.PST
FRAME
LOADING
LOAD I
TOP ATAP
BOT LT-1

MINIMA
w .3108E+03
P .0000E+00
M .0000E+00
MAXIMA
w .3428E+04
P .1992E+05
M .0000E+00

ETABS



utamaa.PST

MODE

SHAPE

MODE 1

TOP ATAP

BOT LT-1

MINIMA

X $-.9149E-03$

Y $-.1497E-02$

Z $-.5433E-04$

MAXIMA

X $.2166E-02$

Y $.1460E-02$

Z $.5426E-04$

ETABS

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m)	Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	$\rho-\rho'$	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)
5	0.4 x 0.6	P-I	- 26431.87	1.4322	0.00464	0.00507	0.00971	0.00971	20.859	6 D 22	10.429	3 D 22	28918.3521
	0.4 x 0.6	P-T	+ 17775.65	0.9632	0.00308	0.00341	0.00649	0.00649	13.946	4 D 22	6.9729	2 D 22	19407.4929
	0.4 x 0.6	P-J	- 30167.56	1.6346	0.00533	0.00579	0.01111	0.01111	23.869	7 D 22	11.934	4 D 22	33444.7051
6	0.4 x 0.6	P-I	- 48455.22	2.6402	0.00885	0.00938	0.01823	0.01823	39.05	8 D 25	19.525	4 D 25	48690.5435
	0.4 x 0.6	P-T	+ 33717.1	1.8372	0.00602	0.00653	0.01255	0.01255	26.873	6 D 25	13.436	3 D 25	36956.6561
	0.4 x 0.6	P-J	- 46592.69	2.5387	0.00848	0.00902	0.0175	0.0175	37.494	8 D 25	18.747	4 D 25	48765.2735
7	0.4 x 0.6	P-I	- 30469.86	1.6602	0.00541	0.0059	0.01131	0.01131	24.228	5 D 25	12.114	3 D 25	30617.0518
	0.4 x 0.6	P-T	+ 24699.04	1.3458	0.00435	0.00478	0.00913	0.00913	19.561	4 D 25	9.7803	2 D 25	24813.4141
	0.4 x 0.6	P-J	- 29135.6	1.5875	0.00517	0.00564	0.01081	0.01081	23.146	5 D 25	11.573	3 D 25	30643.061
8	0.4 x 0.6	P-I	- 3408.74	0.1857	0.00058	0.00066	0.00124	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
	0.4 x 0.6		+ 31816.61	1.7336	0.00566	0.00616	0.01182	0.01182	25.324	6 D 25	12.662	3 D 25	37012.4785
	0.4 x 0.6	P-T	- 1811.69	0.0987	0.00031	0.00035	0.00066	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
	0.4 x 0.6	P-J	- 3348.06	0.1824	0.00057	0.00065	0.00122	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
	0.4 x 0.6		+ 31865.38	1.7363	0.00567	0.00617	0.01184	0.01184	25.363	6 D 25	12.682	3 D 25	37011.0481
9	0.4 x 0.6	P-I	- 29163.17	1.589	0.00517	0.00565	0.01082	0.01082	23.168	5 D 25	11.584	3 D 25	30642.5241
	0.4 x 0.6	P-T	+ 24699.78	1.3458	0.00435	0.00478	0.00913	0.00913	19.561	4 D 25	9.7806	2 D 25	24813.3998
	0.4 x 0.6	P-J	- 30440.81	1.6587	0.00541	0.00589	0.0113	0.0113	24.205	5 D 25	12.102	3 D 25	30617.6186
10	0.4 x 0.6	P-I	- 46621.32	2.5403	0.00849	0.00903	0.01752	0.01752	37.518	8 D 25	18.759	4 D 25	48764.1266
	0.4 x 0.6	P-T	+ 33717.34	1.8372	0.00602	0.00653	0.01255	0.01255	26.873	6 D 25	13.436	3 D 25	36956.649
	0.4 x 0.6	P-J	- 48426.11	2.6386	0.00884	0.00937	0.01822	0.01822	39.025	8 D 25	19.513	4 D 25	48691.7133

Tabel 6.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok Induk

Mutu beton = K300 $f_c' = 24.606$ Delta = 0.5
 Mutu baja = U32 $f_y = 320$ $\beta = 0.85$
 ϕ sengkang = 12 $d_c = 40$ mm

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m)	Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	$\rho - \rho'$	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)
1	0.4 x 0.6	P-I	- 30205.28	1.6366	0.00533	0.00579	0.01113	0.01113	23.899	7 D 22	11.95	4 D 22	33443.8547
	0.4 x 0.6	P-T	+ 17777.34	0.9632	0.00308	0.00341	0.00649	0.00649	13.947	4 D 22	6.9736	2 D 22	19407.4679
	0.4 x 0.6	P-J	- 26402.39	1.4306	0.00463	0.00506	0.0097	0.0097	20.835	6 D 22	10.417	3 D 22	28919.0131
2	0.4 x 0.6	P-I	- 21491.48	1.1645	0.00375	0.00412	0.00787	0.00787	16.903	5 D 22	8.4515	3 D 22	23962.8295
	0.4 x 0.6		+ 2090.07	0.1132	0.00035	0.0004	0.00076	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-T	+ 15358.76	0.8322	0.00265	0.00295	0.0056	0.0056	12.031	4 D 22	6.0153	2 D 22	19443.1206
	0.4 x 0.6	P-J	- 20673.22	1.1202	0.0036	0.00397	0.00757	0.00757	16.25	5 D 22	8.1252	3 D 22	23974.9671
	0.4 x 0.6		+ 2200.98	0.1193	0.00037	0.00042	0.0008	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
3	0.4 x 0.6	P-I	- 2570.84	0.1393	0.00044	0.00049	0.00093	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6		+ 36047.19	1.9532	0.00642	0.00691	0.01333	0.01333	28.641	8 D 22	14.321	4 D 22	38268.2688
	0.4 x 0.6	P-T	+ 779.54	0.0422	0.00013	0.00015	0.00028	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-J	- 2501.12	0.1355	0.00042	0.00048	0.0009	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6		+ 36103.23	1.9562	0.00643	0.00693	0.01336	0.01336	28.687	8 D 22	14.343	4 D 22	38266.5688
4	0.4 x 0.6	P-I	- 20705.97	1.1219	0.00361	0.00397	0.00758	0.00758	16.277	5 D 22	8.1383	3 D 22	23974.4816
	0.4 x 0.6		+ 2174.65	0.1178	0.00037	0.00042	0.00079	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-T	+ 15359.45	0.8322	0.00265	0.00295	0.0056	0.0056	12.031	4 D 22	6.0155	2 D 22	19443.1104
	0.4 x 0.6	P-J	- 21457.35	1.1626	0.00374	0.00412	0.00786	0.00786	16.876	5 D 22	8.4378	3 D 22	23963.3361
	0.4 x 0.6		+ 2117.53	0.1147	0.00036	0.00041	0.00077	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m)	Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	$\rho-\rho'$	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)
5	0.4 x 0.6	P-I -	26431.87	1.4322	0.00464	0.00507	0.00971	0.00971	20.859	6 D 22	10.429	3 D 22	28918.3521
	0.4 x 0.6	P-T +	17775.65	0.9632	0.00308	0.00341	0.00649	0.00649	13.946	4 D 22	6.9729	2 D 22	19407.4929
	0.4 x 0.6	P-J -	30167.56	1.6346	0.00533	0.00579	0.01111	0.01111	23.869	7 D 22	11.934	4 D 22	33444.7051
6	0.4 x 0.6	P-I -	48455.22	2.6402	0.00885	0.00938	0.01823	0.01823	39.05	8 D 25	19.525	4 D 25	48690.5435
	0.4 x 0.6	P-T +	33717.1	1.8372	0.00602	0.00653	0.01255	0.01255	26.873	6 D 25	13.436	3 D 25	36956.6561
	0.4 x 0.6	P-J -	46592.69	2.5387	0.00848	0.00902	0.0175	0.0175	37.494	8 D 25	18.747	4 D 25	48765.2735
7	0.4 x 0.6	P-I -	30469.86	1.6602	0.00541	0.0059	0.01131	0.01131	24.228	5 D 25	12.114	3 D 25	30617.0518
	0.4 x 0.6	P-T +	24699.04	1.3458	0.00435	0.00478	0.00913	0.00913	19.561	4 D 25	9.7803	2 D 25	24813.4141
	0.4 x 0.6	P-J -	29135.6	1.5875	0.00517	0.00564	0.01081	0.01081	23.146	5 D 25	11.573	3 D 25	30643.061
8	0.4 x 0.6	P-I -	3408.74	0.1857	0.00058	0.00066	0.00124	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
	0.4 x 0.6	+	31816.61	1.7336	0.00566	0.00616	0.01182	0.01182	25.324	6 D 25	12.662	3 D 25	37012.4785
	0.4 x 0.6	P-T -	1811.69	0.0987	0.00031	0.00035	0.00066	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
	0.4 x 0.6	P-J -	3348.06	0.1824	0.00057	0.00065	0.00122	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
	0.4 x 0.6	+	31865.38	1.7363	0.00567	0.00617	0.01184	0.01184	25.363	6 D 25	12.682	3 D 25	37011.0481
9	0.4 x 0.6	P-I -	29163.17	1.589	0.00517	0.00565	0.01082	0.01082	23.168	5 D 25	11.584	3 D 25	30642.5241
	0.4 x 0.6	P-T +	24699.78	1.3458	0.00435	0.00478	0.00913	0.00913	19.561	4 D 25	9.7806	2 D 25	24813.3998
	0.4 x 0.6	P-J -	30440.81	1.6587	0.00541	0.00589	0.0113	0.0113	24.205	5 D 25	12.102	3 D 25	30617.6186
10	0.4 x 0.6	P-I -	46621.32	2.5403	0.00849	0.00903	0.01752	0.01752	37.518	8 D 25	18.759	4 D 25	48764.1266
	0.4 x 0.6	P-T +	33717.34	1.8372	0.00602	0.00653	0.01255	0.01255	26.873	6 D 25	13.436	3 D 25	36956.649
	0.4 x 0.6	P-J -	48426.11	2.6386	0.00884	0.00937	0.01822	0.01822	39.025	8 D 25	19.513	4 D 25	48691.7133

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m)	Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	$\rho-\rho'$	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)
20	0.3 x 0.6	P-I	+ 34614.44	2.5007	0.00835	0.00885	0.0172	0.0172	27.711	8 D 22	13.856	4 D 22	37959.2014
	0.3 x 0.6	P-T	+ 1674.32	0.121	0.00038	0.00043	0.00081	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J	- 342.64	0.0248	7.7E-05	8.8E-05	0.00017	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6		+ 33865.26	2.4466	0.00815	0.00866	0.01682	0.01682	27.091	8 D 22	13.545	4 D 22	37989.9839
22	0.4 x 0.6	P-I	- 23927.59	1.2965	0.00419	0.00459	0.00878	0.00878	18.85	6 D 22	9.425	3 D 22	28974.3996
	0.4 x 0.6	P-T	+ 17680.08	0.958	0.00307	0.00339	0.00646	0.00646	13.87	4 D 22	6.935	2 D 22	19408.9039
	0.4 x 0.6	P-J	- 23638.17	1.2808	0.00413	0.00453	0.00867	0.00867	18.618	5 D 22	9.3092	3 D 22	23930.9199
23	0.4 x 0.6	P-I	- 5388.62	0.292	0.00092	0.00103	0.00195	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6		+ 14959.1	0.8105	0.00258	0.00287	0.00545	0.00545	11.714	4 D 22	5.8572	2 D 22	19449.0008
	0.4 x 0.6	P-T	+ 3186.66	0.1727	0.00054	0.00061	0.00115	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-J	- 8958.13	0.4854	0.00153	0.00172	0.00325	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6		+ 13508.67	0.732	0.00233	0.00259	0.00492	0.00492	10.569	3 D 22	5.2843	2 D 22	14345.5012
25	0.4 x 0.6	P-I	- 2675.42	0.145	0.00045	0.00051	0.00097	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6		+ 40710.45	2.2059	0.0073	0.00781	0.01511	0.01511	32.458	9 D 22	16.229	5 D 22	42736.6263
	0.4 x 0.6	P-T	+ 1322.12	0.0716	0.00022	0.00025	0.00048	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-J	- 2684.2	0.1454	0.00046	0.00051	0.00097	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6		+ 40701.4	2.2054	0.0073	0.00781	0.01511	0.01511	32.45	9 D 22	16.225	5 D 22	42736.9028
27	0.4 x 0.6	P-I	- 8959.76	0.4855	0.00154	0.00172	0.00325	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6		+ 13488.14	0.7308	0.00233	0.00259	0.00491	0.00491	10.552	3 D 22	5.2762	2 D 22	14345.6519
	0.4 x 0.6	P-T	+ 3186.35	0.1726	0.00054	0.00061	0.00115	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-J	- 5384.62	0.2918	0.00092	0.00103	0.00195	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6		+ 14945.41	0.8098	0.00258	0.00287	0.00545	0.00545	11.704	4 D 22	5.8518	2 D 22	19449.2022

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m) (m)	Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	$\rho-\rho'$	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)
28	0.4 x 0.6	P-I -	23640.27	1.2809	0.00413	0.00453	0.00867	0.00867	18.62	5 D 22	9.31	3 D 22	23930.8886
	0.4 x 0.6	P-T +	17680.06	0.958	0.00307	0.00339	0.00646	0.00646	13.87	4 D 22	6.935	2 D 22	19408.9042
	0.4 x 0.6	P-J -	23925.54	1.2964	0.00419	0.00459	0.00877	0.00877	18.848	5 D 22	9.4242	3 D 22	23926.6409
29	0.3 x 0.6	P-I -	9619.71	0.695	0.00221	0.00246	0.00467	0.00467	7.5228	3 D 22	3.7614	2 D 22	14350.5079
	0.3 x 0.6	P-I +	10083.58	0.7285	0.00232	0.00258	0.0049	0.0049	7.8887	3 D 22	3.9443	2 D 22	14345.9702
	0.3 x 0.6	P-T +	4378.79	0.3163	0.001	0.00112	0.00212	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J -	7296.47	0.5271	0.00167	0.00187	0.00353	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J +	11510.87	0.8316	0.00265	0.00294	0.0056	0.0056	9.0164	3 D 22	4.5082	2 D 22	14331.9847
30	0.3 x 0.6	P-I -	12730.88	0.9197	0.00294	0.00326	0.0062	0.0062	9.9827	3 D 22	4.9913	2 D 22	14320.0018
	0.3 x 0.6	P-I +	5768.47	0.4167	0.00132	0.00148	0.00279	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-T +	6652.1	0.4806	0.00152	0.0017	0.00322	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J -	12746.31	0.9209	0.00294	0.00326	0.0062	0.0062	9.9949	3 D 22	4.9975	2 D 22	14319.85
	0.3 x 0.6	P-J +	5756.79	0.4159	0.00131	0.00147	0.00279	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
31	0.3 x 0.6	P-I -	7295.79	0.5271	0.00167	0.00187	0.00353	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-I +	11505.07	0.8312	0.00265	0.00294	0.00559	0.00559	9.0118	3 D 22	4.5059	2 D 22	14332.0416
	0.3 x 0.6	P-T +	4378.44	0.3163	0.001	0.00112	0.00212	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J -	9621.1	0.6951	0.00221	0.00246	0.00467	0.00467	7.5238	2 D 22	3.7619	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J +	10075.39	0.7279	0.00232	0.00258	0.00489	0.00489	7.8822	3 D 22	3.9411	2 D 22	14346.0504
32	0.4 x 0.6	P-I -	1816.68	0.0984	0.00031	0.00035	0.00066	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-I +	31893.6	1.7281	0.00564	0.00612	0.01176	0.01176	25.265	7 D 22	12.633	4 D 22	33405.739
	0.4 x 0.6	P-T +	1674.97	0.0908	0.00028	0.00032	0.00061	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-J -	1421.64	0.077	0.00024	0.00027	0.00051	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-J +	30109.65	1.6315	0.00531	0.00578	0.01109	0.01109	23.822	7 D 22	11.911	3 D 22	33837.2117

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m) (m)	Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	$\rho-\rho'$	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)
33	0.4 x 0.6	P-I	- 5652.37	0.3063	0.00096	0.00108	0.00205	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6		+ 26722.63	1.4479	0.00469	0.00513	0.00982	0.00982	21.092	6 D 22	10.546	3 D 22	28911.8315
	0.4 x 0.6	P-T	+ 1212.43	0.0657	0.00021	0.00023	0.00044	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-J	+ 32488.77	1.7604	0.00575	0.00623	0.01199	0.01199	25.748	7 D 22	12.874	4 D 22	33392.279
34	0.4 x 0.6	P-I	- 14810.56	0.8025	0.00256	0.00284	0.0054	0.0054	11.597	4 D 22	5.7985	2 D 22	19451.1855
	0.4 x 0.6		+ 7080.95	0.3837	0.00121	0.00136	0.00257	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-T	+ 11068.08	0.5997	0.0019	0.00212	0.00402	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-J	- 14982.69	0.8118	0.00259	0.00287	0.00546	0.00546	11.733	4 D 22	5.8665	2 D 22	19448.6538
	0.4 x 0.6		+ 6966.32	0.3775	0.00119	0.00134	0.00253	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
35	0.4 x 0.6	P-I	+ 33218.17	1.7999	0.00589	0.00637	0.01226	0.01226	26.339	7 D 22	13.17	4 D 22	33375.7666
	0.4 x 0.6	P-T	+ 514.89	0.0279	8.7E-05	9.9E-05	0.00019	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6		- 37	0.002	6.3E-06	7.1E-06	1.3E-05	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-J	- 4285.94	0.2322	0.00073	0.00082	0.00155	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6		+ 27571.02	1.4939	0.00485	0.00529	0.01014	0.01014	21.775	6 D 22	10.887	3 D 22	28892.7894
36	0.4 x 0.6	P-I	- 1520.13	0.0824	0.00026	0.00029	0.00055	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6		+ 30268.11	1.64	0.00534	0.00581	0.01115	0.01115	23.95	7 D 22	11.975	4 D 22	33442.4379
	0.4 x 0.6	P-T	+ 1668.6	0.0904	0.00028	0.00032	0.0006	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	14356.3938
	0.4 x 0.6	P-J	- 1308.94	0.0709	0.00022	0.00025	0.00047	0.00438	9.3975	3 D 22	4.6988	2 D 22	168427.572
	0.4 x 0.6		+ 32556.03	1.764	0.00577	0.00625	0.01201	0.01201	25.802	7 D 22	12.901	4 D 22	33390.7571
37	0.3 x 0.6	P-I	- 1424.13	0.1029	0.00032	0.00036	0.00069	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6		+ 31211.04	2.2549	0.00747	0.00798	0.01546	0.01546	24.901	7 D 22	12.45	4 D 22	33184.3126
	0.3 x 0.6	P-T	+ 490.75	0.0355	0.00011	0.00013	0.00024	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J	- 680.82	0.0492	0.00015	0.00017	0.00033	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6		+ 30989.63	2.2389	0.00742	0.00793	0.01534	0.01534	24.719	7 D 22	12.359	4 D 22	33191.0879

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m)	Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	$\rho-\rho'$	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)
38	0.3 x 0.6	P-I -	12655.76	0.9143	0.00292	0.00324	0.00616	0.00616	9.9231	3 D 22	4.9616	2 D 22	14320.7404
		+	8021.1	0.5795	0.00184	0.00205	0.00389	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
		P-T +	9726.36	0.7027	0.00223	0.00249	0.00472	0.00472	7.6069	2 D 22	3.8034	2 D 22	9220.68787
		P-J -	12874.68	0.9301	0.00297	0.00329	0.00627	0.00627	10.097	3 D 22	5.0484	2 D 22	14318.5876
		+	7865.01	0.5682	0.0018	0.00201	0.00381	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
39	0.3 x 0.6	P-I -	735.89	0.0532	0.00017	0.00019	0.00035	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
		+	30615.17	2.2118	0.00732	0.00783	0.01515	0.01515	24.411	7 D 22	12.205	4 D 22	33202.5391
		P-T +	516.01	0.0373	0.00012	0.00013	0.00025	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
		P-J -	1488.48	0.1075	0.00034	0.00038	0.00072	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
		+	30804.99	2.2255	0.00737	0.00788	0.01525	0.01525	24.567	7 D 22	12.283	4 D 22	33196.7355
40	0.3 x 0.6	P-I -	6021.72	0.435	0.00137	0.00154	0.00291	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
		+	19660.25	1.4204	0.0046	0.00503	0.00963	0.00963	15.513	5 D 22	7.7563	3 D 22	23892.5064
		P-T +	2351.36	0.1699	0.00053	0.0006	0.00113	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
		P-J -	3138.79	0.2268	0.00071	0.0008	0.00152	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
		+	21327.91	1.5408	0.00501	0.00546	0.01046	0.01046	16.854	5 D 22	8.4272	3 D 22	23859.226
41	0.3 x 0.6	P-I -	9950.43	0.7189	0.00229	0.00255	0.00483	0.00483	7.7836	3 D 22	3.8918	2 D 22	14347.2731
		+	14047.1	1.0148	0.00325	0.00359	0.00685	0.00685	11.028	3 D 22	5.5138	2 D 22	14307.044
		P-T +	5069.42	0.3662	0.00115	0.0013	0.00245	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
		P-J -	9531.6	0.6886	0.00219	0.00244	0.00463	0.00463	7.4533	2 D 22	3.7266	2 D 22	9220.68787
		+	14407.51	1.0409	0.00334	0.00369	0.00702	0.00702	11.314	4 D 22	5.6571	2 D 22	19386.2929
42	0.3 x 0.6	P-I -	8094.34	0.5848	0.00185	0.00207	0.00392	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
		+	17373.41	1.2551	0.00405	0.00444	0.00849	0.00849	13.68	4 D 22	6.8398	2 D 22	19327.6246
		P-T +	4229.28	0.3055	0.00096	0.00108	0.00204	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
		P-J -	7888	0.5699	0.00181	0.00202	0.00382	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
		+	18249.99	1.3185	0.00426	0.00467	0.00893	0.00893	14.381	4 D 22	7.1906	2 D 22	19310.2219

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m)	Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	ρ - ρ'	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)	
43	0.3 x 0.6	P-I	-	10506.04	0.759	0.00242	0.00269	0.0051	0.0051	8.2222	3 D 22	4.1111	2 D 22	14341.8344
			+	13907.39	1.0047	0.00322	0.00356	0.00678	0.00678	10.917	3 D 22	5.4583	2 D 22	14308.4209
	0.3 x 0.6	P-T	+	4371.38	0.3158	0.00099	0.00112	0.00211	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	6009.87	0.4342	0.00137	0.00154	0.00291	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J	+	16982.89	1.2269	0.00395	0.00434	0.0083	0.0083	13.367	4 D 22	6.6837	2 D 22	19335.3682
44	0.3 x 0.6	P-I	-	10317.07	0.7454	0.00237	0.00264	0.00501	0.00501	8.073	3 D 22	4.0365	2 D 22	14343.6848
			+	12181.8	0.8801	0.00281	0.00312	0.00593	0.00593	9.5475	3 D 22	4.7738	2 D 22	14325.3981
	0.3 x 0.6	P-T	+	5215.94	0.3768	0.00119	0.00133	0.00252	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	10138.35	0.7324	0.00233	0.00259	0.00492	0.00492	7.9319	3 D 22	3.9659	2 D 22	14345.4342
	0.3 x 0.6	P-J	+	12335.05	0.8912	0.00285	0.00315	0.006	0.006	9.6689	3 D 22	4.8345	2 D 22	14323.8925
45	0.3 x 0.6	P-I	-	8173.25	0.5905	0.00187	0.00209	0.00396	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	15246.21	1.1015	0.00354	0.0039	0.00744	0.00744	11.982	4 D 22	5.9908	2 D 22	19369.7356
	0.3 x 0.6	P-T	+	4577.89	0.3307	0.00104	0.00117	0.00221	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	9482	0.685	0.00218	0.00243	0.0046	0.0046	7.4142	2 D 22	3.7071	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J	+	14143.95	1.0218	0.00328	0.00362	0.00689	0.00689	11.105	3 D 22	5.5523	2 D 22	14306.0893
46	0.3 x 0.6	P-I	-	3079.55	0.2225	0.0007	0.00079	0.00149	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	17013.65	1.2292	0.00396	0.00435	0.00831	0.00831	13.392	4 D 22	6.696	2 D 22	19334.7584
	0.3 x 0.6	P-T	+	1008.82	0.0729	0.00023	0.00026	0.00049	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	3793.37	0.2741	0.00086	0.00097	0.00183	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J	+	16571.5	1.1972	0.00385	0.00424	0.00809	0.00809	13.039	4 D 22	6.5193	2 D 22	19343.5194
47	0.3 x 0.6	P-I	-	23572.15	1.703	0.00556	0.00603	0.01159	0.01159	18.667	5 D 22	9.3336	3 D 22	23814.265
			+	17562.94	1.2688	0.00409	0.00449	0.00859	0.00859	13.831	4 D 22	6.9156	2 D 22	19323.8643
			+	22980.28	1.6602	0.00541	0.00588	0.01129	0.01129	18.188	5 D 22	9.0941	3 D 22	23826.1421

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m) (m)	Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	ρ - ρ'	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)	
48	0.3 x 0.6	P-I	-	3607.24	0.2606	0.00082	0.00092	0.00174	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	12737.71	0.9202	0.00294	0.00326	0.0062	0.0062	9.9881	3 D 22	4.994	2 D 22	14319.9346
		P-J	+	1977.6	0.1429	0.00045	0.00051	0.00095	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			-	3607.24	0.2606	0.00082	0.00092	0.00174	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	12710.33	0.9183	0.00294	0.00325	0.00619	0.00619	9.9664	3 D 22	4.9832	2 D 22	14320.2038
50	0.4 x 0.6	P-I	-	26106.73	1.4225	0.00461	0.00505	0.00966	0.00966	20.696	5 D 25	10.348	3 D 25	30701.9119
			+	6526.59	0.3556	0.00112	0.00126	0.00238	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
		P-J	-	26106.73	1.4225	0.00461	0.00505	0.00966	0.00966	20.696	5 D 25	10.348	3 D 25	30701.9119
51	0.4 x 0.6	P-I	-	38133.85	2.0778	0.00685	0.00738	0.01423	0.01423	30.491	7 D 25	15.246	4 D 25	42742.0411
			+	31700.86	1.7273	0.00564	0.00614	0.01178	0.01178	25.229	6 D 25	12.615	3 D 25	37015.8731
		P-J	-	36771.64	2.0036	0.00659	0.00712	0.01371	0.01371	29.372	6 D 25	14.686	3 D 25	36866.5887
52	0.4 x 0.6	P-I	-	5996.76	0.3268	0.00103	0.00116	0.00219	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
			+	19115.26	1.0416	0.00334	0.0037	0.00704	0.00704	15.081	4 D 25	7.5407	2 D 25	24921.0119
		P-J	+	1575.86	0.0859	0.00027	0.00031	0.00057	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
			-	3691.83	0.2012	0.00063	0.00071	0.00135	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
			+	21602.74	1.1771	0.00379	0.00418	0.00797	0.00797	17.072	4 D 25	8.5362	2 D 25	24873.1842
53	0.3 x 0.6	P-I	-	8779.93	0.6343	0.00201	0.00225	0.00426	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	15074.61	1.0891	0.0035	0.00386	0.00735	0.00735	11.845	4 D 22	5.9225	2 D 22	19373.1254
		P-J	+	3938.84	0.2846	0.0009	0.00101	0.0019	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			-	6239.36	0.4508	0.00142	0.0016	0.00302	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	16548.56	1.1956	0.00385	0.00423	0.00808	0.00808	13.02	4 D 22	6.5102	2 D 22	19343.9737

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m)	Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	$\rho-\rho'$	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)	
54	0.3 x 0.6	P-I	-	9416.45	0.6803	0.00216	0.00241	0.00457	0.00457	7.3625	2 D 22	3.6813	2 D 22	9220.68787
			+	13278.93	0.9593	0.00307	0.0034	0.00647	0.00647	10.417	3 D 22	5.2087	2 D 22	14314.6102
		P-J	+	4839.8	0.3497	0.0011	0.00124	0.00234	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			-	8744.78	0.6318	0.00201	0.00224	0.00424	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	13124.04	0.9482	0.00303	0.00336	0.00639	0.00639	10.295	3 D 22	5.1473	2 D 22	14316.1345
55	0.3 x 0.7	P-I	+	4222.89	2.1678	0.00717	0.00752	0.01469	0.01469	28.064	8 D 22	14.032	4 D 22	45722.8764
			+	4276.05	0.2195	0.00069	0.00076	0.00145	0.00438	8.3606	3 D 22	4.1803	2 D 22	17258.0564
		P-J	-	5237.42	0.2689	0.00085	0.00093	0.00178	0.00438	8.3606	3 D 22	4.1803	2 D 22	17258.0564
			+	45330.77	2.3274	0.00773	0.00807	0.0158	0.0158	30.197	8 D 22	15.099	4 D 22	45617.0697
57	0.3 x 0.6	P-I	-	8784.64	0.6346	0.00201	0.00225	0.00426	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	15092	1.0903	0.0035	0.00386	0.00736	0.00736	11.859	4 D 22	5.9294	2 D 22	19372.7819
		P-J	+	3939.02	0.2846	0.0009	0.00101	0.0019	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			-	6234.29	0.4504	0.00142	0.00159	0.00302	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	16573.18	1.1973	0.00386	0.00424	0.00809	0.00809	13.04	4 D 22	6.52	2 D 22	19343.4861
58	0.3 x 0.6	P-I	-	9406.74	0.6796	0.00216	0.00241	0.00457	0.00457	7.3549	2 D 22	3.6774	2 D 22	9220.68787
			+	13308.31	0.9615	0.00308	0.0034	0.00648	0.00648	10.441	3 D 22	5.2204	2 D 22	14314.321
		P-J	+	4839.07	0.3496	0.0011	0.00124	0.00234	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			-	8755.95	0.6326	0.00201	0.00224	0.00425	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
			+	13130.95	0.9487	0.00303	0.00336	0.00639	0.00639	10.3	3 D 22	5.15	2 D 22	14316.0665
59	0.3 x 0.7	P-I	+	42421.32	2.178	0.0072	0.00755	0.01476	0.01476	28.2	8 D 22	14.1	4 D 22	45716.1363
			+	4289.5	0.2202	0.00069	0.00076	0.00146	0.00438	8.3606	3 D 22	4.1803	2 D 22	17258.0564
		P-J	-	5187.51	0.2663	0.00084	0.00092	0.00176	0.00438	8.3606	3 D 22	4.1803	2 D 22	17258.0564
			+	45625.04	2.3425	0.00778	0.00812	0.01591	0.01591	30.4	8 D 22	15.2	4 D 22	45607.0244

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m)	Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	ρ - ρ'	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)
61	0.4 x 0.6	P-I	- 26106.37	1.4225	0.00461	0.00505	0.00966	0.00966	20.695	5 D 25	10.348	3 D 25	30701.9189
	0.4 x 0.6	P-T	- 6526.59	0.3556	0.00112	0.00126	0.00238	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
	0.4 x 0.6	P-J	- 26106.37	1.4225	0.00461	0.00505	0.00966	0.00966	20.695	5 D 25	10.348	3 D 25	30701.9189
62	0.4 x 0.6	P-I	- 38013.42	2.0713	0.00683	0.00736	0.01419	0.01419	30.392	7 D 25	15.196	4 D 25	42745.6081
	0.4 x 0.6	P-T	+ 31699.12	1.7272	0.00564	0.00614	0.01178	0.01178	25.228	6 D 25	12.614	3 D 25	37015.9242
	0.4 x 0.6	P-J	- 36895.54	2.0104	0.00662	0.00714	0.01376	0.01376	29.474	7 D 25	14.737	3 D 25	43234.8082
63	0.4 x 0.6	P-I	- 6078.13	0.3312	0.00104	0.00118	0.00222	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
	0.4 x 0.6		+ 19094.84	1.0404	0.00334	0.0037	0.00703	0.00703	15.065	4 D 25	7.5325	2 D 25	24921.4038
	0.4 x 0.6	P-T	+ 1577.62	0.086	0.00027	0.00031	0.00057	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
	0.4 x 0.6	P-J	- 3608.66	0.1966	0.00062	0.0007	0.00132	0.00438	9.3713	2 D 25	4.6856	2 D 25	11831.52
	0.4 x 0.6		+ 21717.33	1.1833	0.00381	0.0042	0.00801	0.00801	17.164	4 D 25	8.5822	2 D 25	24870.9769
65	0.3 x 0.6	P-I	- 4958.22	0.3582	0.00113	0.00127	0.0024	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6		+ 11629.63	0.8402	0.00268	0.00297	0.00566	0.00566	9.1104	3 D 22	4.5552	2 D 22	14330.8194
	0.3 x 0.6	P-T	+ 3333.69	0.2408	0.00076	0.00085	0.00161	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J	- 4868.24	0.3517	0.00111	0.00125	0.00235	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6		+ 11713.71	0.8463	0.0027	0.003	0.0057	0.0057	9.1769	3 D 22	4.5885	2 D 22	14329.9942
66	0.3 x 0.6	P-I	- 10529.05	0.7607	0.00242	0.00269	0.00512	0.00512	8.2403	3 D 22	4.1202	2 D 22	14341.609
	0.3 x 0.6		+ 14030.12	1.0136	0.00325	0.00359	0.00684	0.00684	11.014	3 D 22	5.507	2 D 22	14307.2113
	0.3 x 0.6	P-T	+ 4370.83	0.3158	0.00099	0.00112	0.00211	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J	- 5987.95	0.4326	0.00137	0.00153	0.0029	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6		+ 17137.94	1.2381	0.00399	0.00438	0.00837	0.00837	13.491	4 D 22	6.7456	2 D 22	19332.2944

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m) (m)		Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	ρ - ρ'	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)		
67	0.3	x	0.6	P-I	-	10351.18	0.7478	0.00238	0.00265	0.00503	0.00503	8.0999	3 D 22	4.0499	2 D 22	14343.3508
	0.3	x	0.6		+	12281.04	0.8872	0.00283	0.00314	0.00598	0.00598	9.6262	3 D 22	4.8131	2 D 22	14324.4232
	0.3	x	0.6	P-T	+	5216.15	0.3768	0.00119	0.00133	0.00252	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3	x	0.6	P-J	-	10103.81	0.73	0.00232	0.00258	0.00491	0.00491	7.9046	3 D 22	3.9523	2 D 22	14345.7722
	0.3	x	0.6		+	12489.75	0.9023	0.00288	0.00319	0.00608	0.00608	9.7915	3 D 22	4.8958	2 D 22	14322.3722
68	0.3	x	0.6	P-I	-	8181.75	0.5911	0.00187	0.00209	0.00397	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3	x	0.6		+	15365.95	1.1101	0.00357	0.00393	0.0075	0.0075	12.077	4 D 22	6.0385	2 D 22	19367.3697
	0.3	x	0.6	P-T	+	4578.13	0.3307	0.00104	0.00117	0.00221	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3	x	0.6	P-J	-	9473.01	0.6844	0.00217	0.00242	0.0046	0.0046	7.4071	2 D 22	3.7035	2 D 22	9220.68787
	0.3	x	0.6		+	14277.77	1.0315	0.00331	0.00365	0.00696	0.00696	11.211	3 D 22	5.6055	2 D 22	14304.7699
69	0.3	x	0.6	P-I	-	3097.93	0.2238	0.0007	0.00079	0.0015	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3	x	0.6		+	17123.11	1.2371	0.00399	0.00438	0.00837	0.00837	13.479	4 D 22	6.7397	2 D 22	19332.5884
	0.3	x	0.6	P-T	+	1009.09	0.0729	0.00023	0.00026	0.00049	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3	x	0.6	P-J	-	3774.47	0.2727	0.00086	0.00097	0.00182	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3	x	0.6		+	16711.69	1.2073	0.00389	0.00427	0.00816	0.00816	13.151	4 D 22	6.5753	2 D 22	19340.7424
70	0.3	x	0.6	P-I	-	23553.99	1.7017	0.00555	0.00602	0.01158	0.01158	18.652	5 D 22	9.3262	3 D 22	23814.6296
	0.3	x	0.6	P-T	+	17562.84	1.2688	0.00409	0.00449	0.00859	0.00859	13.831	4 D 22	6.9155	2 D 22	19323.8663
	0.3	x	0.6	P-J	-	22998.65	1.6615	0.00542	0.00588	0.0113	0.0113	18.203	6 D 22	9.1015	3 D 22	28823.1447
71	0.3	x	0.6	P-I	-	6065.68	0.4382	0.00138	0.00155	0.00294	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3	x	0.6		+	19558.02	1.413	0.00458	0.005	0.00958	0.00958	15.43	5 D 22	7.7152	3 D 22	23894.543
	0.3	x	0.6	P-T	+	2349.98	0.1698	0.00053	0.0006	0.00113	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3	x	0.6	P-J	-	3096.08	0.2237	0.0007	0.00079	0.00149	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3	x	0.6		+	21297.28	1.5386	0.005	0.00545	0.01045	0.01045	16.83	5 D 22	8.4148	3 D 22	23859.8383

Balok No	Dimensi Balok Lbr x Tgg (m)	Pot	Moment (kg-m)	Rn (MPa)	ρ - ρ'	ρ'	ρ perlu	ρ pakai	As perlu (cm ²)	Tulangan	As' perlu (cm ²)	Tulangan	ϕ Mn (kgm)
72	0.3 x 0.6	P-I	- 9990.71	0.7218	0.0023	0.00256	0.00485	0.00485	7.8154	3 D 22	3.9077	2 D 22	14346.879
	0.3 x 0.6		+ 13953.03	1.008	0.00323	0.00357	0.0068	0.0068	10.953	3 D 22	5.4764	2 D 22	14307.9711
	0.3 x 0.6	P-T	+ 5069.42	0.3662	0.00115	0.0013	0.00245	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J	- 9491.32	0.6857	0.00218	0.00243	0.00461	0.00461	7.4215	2 D 22	3.7108	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6		+ 14378.37	1.0388	0.00333	0.00368	0.00701	0.00701	11.291	4 D 22	5.6455	2 D 22	19386.8677
73	0.3 x 0.6	P-I	- 8137.1	0.5879	0.00186	0.00208	0.00394	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6		+ 17273.45	1.2479	0.00402	0.00442	0.00844	0.00844	13.6	4 D 22	6.7998	2 D 22	19329.6072
	0.3 x 0.6	P-T	+ 4229.9	0.3056	0.00096	0.00108	0.00204	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6	P-J	- 7844	0.5667	0.0018	0.00201	0.0038	0.00438	7.0481	2 D 22	3.5241	2 D 22	9220.68787
	0.3 x 0.6		+ 18218.2	1.3162	0.00425	0.00466	0.00891	0.00891	14.356	4 D 22	7.1779	2 D 22	19310.8535

Tabel 6.2 Perhitungan Penulangan Geser dan Torsi Balok Induk

Mutu Beton = K300
 Mutu Baja = U32

Balok	Pot	Geser	Torsi	ϕV_c	ϕV_s	ϕT_c	ϕT_s	A_t/s	A_v/s	A_v/s	S	S	Senggang	A11	A12	A13
No		(kg)	(kg/cm)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg/cm)	(cm ² /cm)	(cm ² /cm)	(cm ² /cm)	perlu (cm)	max (cm)	pasang	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)
1	P-I	21540	49784	5137	16403	50479	55343	0.0151446	0.1591	0.1894	12	20	Ø 12 - 10	2.47	4.61	3.68
	P-T	9580.65	49784	4533	5048	100129	5694	0.0015581	0.0490	0.0521	43	20	Ø 12 - 20	0.25	11.91	8.76
	P-J	20034.9	49784	5110	14925	53977	51846	0.0141874	0.1448	0.1731	13	20	Ø 12 - 12.5	2.32	5.16	4.08
2	P-I	15515.8	52691	4978	10538	67903	37920	0.0103767	0.1022	0.1230	18	20	Ø 12 - 17.5	1.69	7.28	5.57
	P-T	9607.7	52691	4536	5072	99925	5898	0.001614	0.0492	0.0524	43	20	Ø 12 - 20	0.26	11.88	8.74
	P-J	15285.3	52691	4968	10317	68794	37029	0.0101328	0.1001	0.1203	19	20	Ø 12 - 17.5	1.65	7.41	5.66
3	P-I	31989.2	51336	5239	26750	34662	71161	0.0194729	0.2594	0.2984	8	20	Ø 12 - 7.5	3.18	2.01	1.79
	P-T	34711.5	51336	5252	29459	32024	73799	0.0201949	0.2857	0.3261	7	20	Ø 12 - 5	3.30	1.56	1.45
	P-J	37433.9	51336	5263	32171	29754	76069	0.020816	0.3120	0.3537	6	20	Ø 12 - 5	3.40	1.16	1.16
4	P-I	15294.7	50949	4969	10326	68757	37066	0.0101429	0.1002	0.1204	19	20	Ø 12 - 17.5	1.66	7.40	5.66
	P-T	5023.82	50949	3448	1576	145240	-39417	0	0.0153	0.0153	148	20	Ø 12 - 20	0.00	16.73	13.33
	P-J	15506.4	50949	4978	10529	67939	37884	0.0103668	0.1021	0.1229	18	20	Ø 12 - 17.5	1.69	7.28	5.57
5	P-I	17805.5	53362	5056	12750	60097	45726	0.0125128	0.1237	0.1487	15	20	Ø 12 - 15	2.04	6.10	4.74
	P-T	5417.7	53362	3597	1821	140525	-34703	0	0.0177	0.0177	128	20	Ø 12 - 20	0.00	16.20	12.80
	P-J	21528.1	53362	5137	16391	50505	55318	0.0151375	0.1590	0.1892	12	20	Ø 12 - 10	2.47	4.62	3.69
6	P-I	34011.1	80888	5235	28776	32575	73247	0.0200439	0.2799	0.3200	7	20	Ø 12 - 5	3.27	1.65	1.52
	P-T	13218.7	80888	4851	8367	77675	28148	0.0077026	0.0814	0.0968	23	20	Ø 12 - 20	1.26	8.71	6.56
	P-J	32054.2	80888	5225	26829	34501	71322	0.0195171	0.2609	0.3000	8	20	Ø 12 - 7.5	3.19	1.98	1.77
7	P-I	20098.8	79253	5098	15001	53681	52142	0.0142685	0.1459	0.1744	13	20	Ø 12 - 12.5	2.33	5.11	4.04
	P-T	13866.6	79253	4889	8978	74614	31209	0.0085402	0.0873	0.1044	22	20	Ø 12 - 20	1.39	8.26	6.26
	P-J	21383.5	79253	5122	16262	50691	55132	0.0150867	0.1582	0.1883	12	20	Ø 12 - 10	2.46	4.64	3.71
8	P-I	29084.8	77599	5207	23878	37890	67933	0.0185896	0.2322	0.2694	8	20	Ø 12 - 7.5	3.03	2.56	2.19
	P-T	31432.9	77599	5222	26211	35160	70663	0.0193367	0.2549	0.2936	8	20	Ø 12 - 7.5	3.16	2.10	1.85
	P-J	33781	77599	5234	28547	32791	73032	0.019985	0.2777	0.3176	7	20	Ø 12 - 5	3.26	1.69	1.55
9	P-I	19730.9	79212	5090	14641	54600	51223	0.0140169	0.1424	0.1704	13	20	Ø 12 - 12.5	2.29	5.26	4.14
	P-T	10614.4	79212	4643	5971	92586	13237	0.0036223	0.0581	0.0653	35	20	Ø 12 - 20	0.59	10.84	8.03
	P-J	21677	79212	5126	16551	50052	55771	0.0152615	0.1610	0.1915	12	20	Ø 12 - 10	2.49	4.54	3.63
10	P-I	32061.8	76233	5225	26837	34493	71330	0.0195192	0.2610	0.3001	8	20	Ø 12 - 7.5	3.19	1.98	1.77
	P-T	10866.5	76233	4669	6198	90931	14891	0.004075	0.0603	0.0684	33	20	Ø 12 - 20	0.67	10.61	7.87
	P-J	34003.5	76233	5235	28769	32582	73240	0.020042	0.2798	0.3199	7	20	Ø 12 - 5	3.27	1.65	1.52

Balok	Pot	Geser	Torsi	ϕV_c	ϕV_s	ϕT_c	ϕT_s	A_t/A_c	A_v/s	A_v/s	S	S	Sengkan	A11	A12	A13
No		(kg)	(kgcm)	(kg)	(kg)	(kg)	(kgcm)	(cm ² /cm)	(cm ² /cm)	(cm ² /cm)	perlu (cm)	max (cm)	pasang	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)
11	P-I	21304.4	78460	5120	16184	50865	54957	0.0150389	0.1574	0.1875	12	20	0 12 - 10	2.45	4.67	3.73
	P-T	12896.8	78460	4831	8066	79281	26542	0.007263	0.0784	0.0930	24	20	0 12 - 20	1.19	8.94	6.73
	P-J	21425.6	78460	5122	16303	50598	55225	0.015112	0.1586	0.1888	12	20	0 12 - 10	2.47	4.63	3.70
12	P-I	18208.3	87088	5054	13154	58747	47076	0.0128821	0.1279	0.1537	15	20	0 12 - 15	2.10	5.90	4.60
	P-T	7682.45	87088	4213	3469	116066	-10243	0	0.0337	0.0337	67	20	0 12 - 20	0.00	13.70	10.30
	P-J	20631	87088	5108	15523	52402	53421	0.0146184	0.1510	0.1802	13	20	0 12 - 12.5	2.39	4.91	3.90
13	P-I	23453.5	70779	5152	18301	46495	59327	0.0162347	0.1780	0.2105	11	20	0 12 - 10	2.65	3.98	3.22
	P-T	25801.6	70779	5179	20622	42484	63338	0.0173323	0.2006	0.2352	10	20	0 12 - 10	2.83	3.32	2.75
	P-J	28149.7	70779	5200	22950	39096	66726	0.0182595	0.2232	0.2597	9	20	0 12 - 7.5	2.98	2.76	2.34
14	P-I	18237.2	76807	5055	13182	58663	47160	0.0129052	0.1282	0.1540	15	20	0 12 - 15	2.11	5.88	4.59
	P-T	6938.31	76807	4047	2892	123440	-17617	0	0.0281	0.0281	80	20	0 12 - 20	0.00	14.43	11.03
	P-J	20285.6	76807	5101	15184	53225	52598	0.0143932	0.1477	0.1765	13	20	0 12 - 12.5	2.35	5.04	3.99
15	P-I	21458.8	785.52	5123	16336	50525	55297	0.0151319	0.1589	0.1891	12	20	0 12 - 10	2.47	4.62	3.69
	P-T	12770	785.52	4823	7947	79930	25893	0.0070854	0.0773	0.0915	25	20	0 12 - 20	1.16	9.03	6.79
	P-J	21271.3	785.52	5120	16152	50939	54884	0.0150187	0.1571	0.1871	12	20	0 12 - 10	2.45	4.68	3.73
17	P-I	56229.6	0	5235	28776	32575	73247	0.0200439	0.2799	0.3200	7	18	0 12 - 5	3.27	1.65	1.52
	P-T	56887.8	0	4851	8367	77675	28148	0.0077026	0.0814	0.0968	23	18	0 12 - 17.5	1.26	8.71	6.56
	P-J	57546	0	5225	26829	34501	71322	0.0195171	0.2609	0.3000	8	18	0 12 - 7.5	3.19	1.98	1.77
20	P-I	56872.4	0	5235	28776	32575	73247	0.0200439	0.2799	0.3200	7	18	0 12 - 5	3.27	1.65	1.52
	P-T	57530.6	0	4851	8367	77675	28148	0.0077026	0.0814	0.0968	23	18	0 12 - 17.5	1.26	8.71	6.56
	P-J	58188.8	0	5225	26829	34501	71322	0.0195171	0.2609	0.3000	8	18	0 12 - 7.5	3.19	1.98	1.77
22	P-I	16549	55197	5017	11532	64159	41664	0.0114013	0.1119	0.1347	17	20	0 12 - 15	1.86	6.72	5.18
	P-T	5349.82	55197	3572	1777	141330	-35507	0	0.0172	0.0172	131	20	0 12 - 20	0.00	16.29	12.89
	P-J	16472.8	55197	5014	11459	64421	41401	0.0113294	0.1111	0.1338	17	20	0 12 - 15	1.85	6.76	5.20
23	P-I	7896.83	49683	4263	3634	114259	-8436	0	0.0352	0.0352	64	20	0 12 - 5	0.00	13.52	10.12
	P-T	9167.67	49683	4476	4692	103333	2490	0.0006814	0.0455	0.0469	48	20	0 12 - 5	0.11	12.36	9.07
	P-J	16207.1	49683	5005	11202	65354	40469	0.0110741	0.1087	0.1308	17	20	0 12 - 5	1.81	6.90	5.30
25	P-I	24218.2	73956	5176	19043	45230	60593	0.016581	0.1847	0.2179	10	20	0 12 - 10	2.71	3.77	3.08
	P-T	28609.9	73956	5217	23392	38597	67226	0.0183962	0.2269	0.2637	9	20	0 12 - 7.5	3.00	2.68	2.28
	P-J	33001.6	73956	5244	27757	33632	72190	0.0197546	0.2692	0.3087	7	20	0 12 - 5	3.22	1.83	1.66
27	P-I	9416.96	585.24	4511	4906	101380	4443	0.0012159	0.0476	0.0500	45	20	0 12 - 20	0.20	12.08	8.88
	P-T	7910.9	585.24	4266	3645	114129	-8306	0	0.0354	0.0354	64	20	0 12 - 20	0.00	13.51	10.11
	P-J	14950.3	585.24	4954	9997	70129	35694	0.0097676	0.0970	0.1165	19	20	0 12 - 17.5	1.59	7.60	5.80

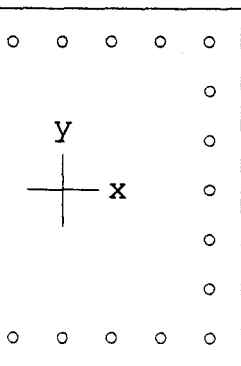
Balok	Pot	Geser	Torsi	ϕV_c	ϕV_s	ϕT_c	ϕT_s	At/s	Av/s	Avt/s	S	S	Sengkang	All	Al2	Al3
No		(kg)	(kgcm)	(kg)	(kg)	(kg)	(kgcm)	(cm ² /cm)	(cm ² /cm)	(cm ² /cm)	peris (cm)	(mm (cm)	pasang	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)
28	P-I	16473.3	57451	5014	11459	64419	41403	0.0113299	0.1111	0.1338	17	20	Ø 12 - 15	1.85	6.76	5.20
	P-T	7154.32	57451	4105	3049	121438	-15615	0	0.0296	0.0296	76	20	Ø 12 - 20	0.00	14.23	10.83
	P-J	16548.4	57451	5017	11532	64160	41662	0.0114008	0.1118	0.1346	17	20	Ø 12 - 15	1.86	6.72	5.18
29	P-I	1556.29	30427	1322	234	101121	-41596	0	0.0023	0.0023	994	18	Ø 12 - 17.5	0.00	14.55	12.31
	P-T	6305.91	30427	3267	3038	61686	-2161	0	0.0295	0.0295	77	18	Ø 12 - 17.5	0.00	8.61	6.37
	P-J	14168.1	30427	3813	10355	32041	27485	0.009149	0.1004	0.1187	19	18	Ø 12 - 17.5	1.31	3.83	2.90
30	P-I	13370.2	326.14	3792	9578	33768	25758	0.0085741	0.0929	0.1100	21	18	Ø 12 - 17.5	1.23	4.13	3.12
	P-T	5604.38	326.14	3132	2472	66537	-7011	0	0.0240	0.0240	94	18	Ø 12 - 17.5	0.00	9.16	6.92
	P-J	13375.6	326.14	3793	9583	33756	25770	0.0085781	0.0929	0.1101	21	18	Ø 12 - 17.5	1.23	4.13	3.12
31	P-I	9249.48	26399	3602	5647	46368	13158	0.0043799	0.0548	0.0635	36	18	Ø 12 - 17.5	0.63	6.24	4.63
	P-T	7023.38	26399	3378	3646	57254	2271	0.0007559	0.0354	0.0369	61	18	Ø 12 - 17.5	0.11	8.00	5.87
	P-J	14885.6	26399	3829	11056	30625	28900	0.0096201	0.1072	0.1265	18	18	Ø 12 - 17.5	1.38	3.58	2.72
32	P-I	24549.5	35047	5180	19370	44653	61169	0.0167388	0.1879	0.2213	10	20	Ø 12 - 10	2.73	3.68	3.01
	P-T	28005.2	35047	5213	22792	39395	66428	0.0181778	0.2211	0.2574	9	20	Ø 12 - 7.5	2.97	2.81	2.38
	P-J	31460.8	35047	5236	26225	35225	70598	0.019319	0.2544	0.2930	8	20	Ø 12 - 7.5	3.15	2.11	1.86
33	P-I	21496.4	97385	5137	16360	50575	55248	0.0151185	0.1587	0.1889	12	20	Ø 12 - 10	2.47	4.63	3.69
	P-T	26850.5	97385	5203	21648	41012	64811	0.0177352	0.2100	0.2454	9	20	Ø 12 - 7.5	2.89	3.08	2.57
	P-J	32204.6	97385	5240	26964	34438	71385	0.0195342	0.2615	0.3006	8	20	Ø 12 - 7.5	3.19	1.97	1.76
34	P-I	13862.6	482.4	4900	8963	74809	31014	0.0084868	0.0869	0.1039	22	20	Ø 12 - 20	1.39	8.29	6.28
	P-T	9882.87	482.4	4571	5312	97885	7938	0.0021722	0.0515	0.0559	40	20	Ø 12 - 20	0.35	11.59	8.54
	P-J	18023.3	482.4	5062	12961	59442	46381	0.012692	0.1257	0.1511	15	20	Ø 12 - 15	2.07	6.00	4.67
35	P-I	27390.9	47150	5208	22183	40239	65583	0.0179467	0.2152	0.2510	9	20	Ø 12 - 7.5	2.93	2.95	2.48
	P-T	29488.1	47150	5224	24264	37492	68330	0.0186984	0.2353	0.2727	8	20	Ø 12 - 7.5	3.05	2.49	2.14
	P-J	31585.3	47150	5237	26348	35090	70732	0.0193557	0.2556	0.2943	8	20	Ø 12 - 7.5	3.16	2.08	1.84
36	P-I	26255	84576	5197	21058	41898	63925	0.0174929	0.2042	0.2392	9	20	Ø 12 - 7.5	2.85	3.23	2.68
	P-T	29560.4	84576	5224	24336	37404	68418	0.0187225	0.2360	0.2735	8	20	Ø 12 - 7.5	3.06	2.48	2.13
	P-J	32865.8	84576	5244	27622	33767	72056	0.0197178	0.2679	0.3073	7	20	Ø 12 - 7.5	3.22	1.86	1.68
37	P-I	27028.5	26714	3943	23085	17368	42157	0.0140332	0.2239	0.2520	9	18	Ø 12 - 7.5	2.01	1.09	0.86
	P-T	28826.8	26714	3949	24877	16310	43215	0.0143852	0.2413	0.2701	8	18	Ø 12 - 7.5	2.06	0.87	0.69
	P-J	30625.1	26714	3955	26670	15373	44152	0.0146973	0.2587	0.2881	8	18	Ø 12 - 7.5	2.10	0.68	0.55
38	P-I	11459.3	25322	3726	7733	38711	20815	0.0069288	0.0750	0.0889	25	18	Ø 12 - 17.5	0.99	4.97	3.73
	P-T	9674.09	25322	3632	6042	44693	14832	0.0049373	0.0586	0.0685	33	18	Ø 12 - 17.5	0.71	5.97	4.44
	P-J	11534.8	25322	3729	7805	38490	21035	0.0070022	0.0757	0.0897	25	18	Ø 12 - 17.5	1.00	4.94	3.70

Balok No	Pat	Gezer (kg)	Torsi (kgcm)	qVc (kg)	qVs (kg)	qTc (kg)	qTs (kgcm)	Ats (cm ² /cm)	Avs (cm ² /cm)	Avts (cm ² /cm)	S perlu (cm)	S max (cm)	Senggang pasang	A11 (cm ²)	A12 (cm ²)	A13 (cm ²)
39	P-I	25917.3	27833	3939	21979	18092	41433	0.0137923	0.2132	0.2408	9	18	Ø 12 - 7.5	1.98	1.23	0.97
	P-T	27797.3	27833	3946	23851	16900	42626	0.0141891	0.2313	0.2597	9	18	Ø 12 - 7.5	2.03	0.99	0.79
	P-J	29677.4	27833	3952	25725	15853	43672	0.0145374	0.2495	0.2786	8	18	Ø 12 - 7.5	2.08	0.78	0.62
40	P-I	5724.17	39156	3158	2567	65671	-6145	0	0.0249	0.0249	91	18	Ø 12 - 17.5	0.00	9.06	6.82
	P-T	8798.01	39156	3567	5231	48274	11252	0.0037454	0.0507	0.0582	39	18	Ø 12 - 17.5	0.54	6.55	4.85
	P-J	13330.7	39156	3791	9539	33858	25667	0.0085441	0.0925	0.1096	21	18	Ø 12 - 17.5	1.22	4.14	3.13
41	P-I	10286.3	27460	3669	6617	42462	17063	0.00568	0.0642	0.0755	30	18	Ø 12 - 17.5	0.81	5.60	4.18
	P-T	7670.41	27460	3458	4212	53678	5848	0.0019466	0.0409	0.0447	51	18	Ø 12 - 17.5	0.28	7.42	5.47
	P-J	16262	27460	3855	12407	28221	31305	0.0104206	0.1203	0.1412	16	18	Ø 12 - 15	1.49	3.15	2.40
42	P-I	9261.91	29752	3603	5659	46317	13208	0.0043967	0.0549	0.0637	35	18	Ø 12 - 17.5	0.63	6.23	4.63
	P-T	9224.41	29752	3601	5624	46470	13055	0.0043458	0.0545	0.0632	36	18	Ø 12 - 17.5	0.62	6.26	4.64
	P-J	16987	29752	3866	13121	27095	32430	0.0107953	0.1273	0.1488	15	18	Ø 12 - 15	1.55	2.94	2.25
43	P-I	10379.9	28610	3674	6706	42139	17387	0.0057877	0.0650	0.0766	29	18	Ø 12 - 17.5	0.83	5.55	4.14
	P-T	7663.52	28610	3458	4206	53714	5812	0.0019345	0.0408	0.0447	51	18	Ø 12 - 17.5	0.28	7.43	5.47
	P-J	15400.7	28610	3840	11561	29681	29844	0.0099345	0.1121	0.1320	17	18	Ø 12 - 15	1.42	3.41	2.59
44	P-I	10681.6	32979	3690	6992	41126	18400	0.0061248	0.0678	0.0801	28	18	Ø 12 - 17.5	0.88	5.38	4.02
	P-T	7062.44	32979	3383	3679	57028	2498	0.0008314	0.0357	0.0373	61	18	Ø 12 - 17.5	0.12	7.96	5.84
	P-J	15705.2	32979	3845	11860	29149	30377	0.0101118	0.1150	0.1353	17	18	Ø 12 - 15	1.45	3.31	2.52
45	P-I	9870.43	27203	3644	6226	43955	15570	0.005183	0.0604	0.0708	32	18	Ø 12 - 17.5	0.74	5.85	4.35
	P-T	8451.82	27203	3538	4914	49830	9695	0.0032274	0.0477	0.0541	42	18	Ø 12 - 17.5	0.46	6.80	5.03
	P-J	16656.9	27203	3861	12796	27597	31929	0.0106283	0.1241	0.1454	16	18	Ø 12 - 15	1.52	3.03	2.32
46	P-I	7336.93	36855	3419	3918	55474	4051	0.0013486	0.0380	0.0407	56	18	Ø 12 - 17.5	0.19	7.71	5.67
	P-T	11756.8	36855	3738	8018	37855	21671	0.0072137	0.0778	0.0922	25	18	Ø 12 - 17.5	1.03	4.83	3.62
	P-J	16176.6	36855	3853	12323	28359	31166	0.0103744	0.1195	0.1403	16	18	Ø 12 - 15	1.49	3.17	2.42
47	P-I	16260.4	27184	3855	12406	28223	31302	0.0104197	0.1203	0.1412	16	18	Ø 12 - 15	1.49	3.15	2.40
	P-T	5389.62	27184	3084	2305	68129	-8603	0	0.0224	0.0224	101	18	Ø 12 - 17.5	0.00	9.34	7.11
	P-J	17999.6	27184	3880	14120	25661	33865	0.0112728	0.1369	0.1595	14	18	Ø 12 - 12.5	1.61	2.68	2.05
48	P-I	4568.32	35052	2866	1703	74679	-15154	0	0.0165	0.0165	137	18	Ø 12 - 17.5	0.00	10.12	7.88
	P-T	6496.11	35052	3299	3197	60461	-936	0	0.0310	0.0310	73	18	Ø 12 - 17.5	0.00	8.47	6.23
	P-J	10501.5	35052	3681	6821	41725	17800	0.0059253	0.0662	0.0780	29	18	Ø 12 - 17.5	0.85	5.48	4.09
50	P-I	13740.2	0	5235	28776	32575	73247	0.0200439	0.2799	0.3200	7	20	Ø 12 - 5	3.27	1.65	1.52
	P-T	6870.1	0	4851	8367	77675	28148	0.0077026	0.0814	0.0968	23	20	Ø 12 - 20	1.26	8.71	6.56
	P-J	13740.2	0	5225	26829	34501	71322	0.0195171	0.2609	0.3000	8	20	Ø 12 - 7.5	3.19	1.98	1.77

Balok	Pas	Geser	Torsi	ϕV_c	ϕV_s	ϕT_c	ϕT_s	A_t/s	A_v/s	A_v/s	S	S	Senghaang	AI1	AI2	AI3
No		(kg)	(kgcm)	(kg)	(kg)	(kg)	(kgcm)	(cm ² /cm)	(cm ² /cm)	(cm ² /cm)	(cm)	max (cm)	pasang	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)
51	P-I	23940.5	78783	5159	18782	45604	60219	0.0164786	0.1827	0.2156	10	20	Ø 12 - 10	2.69	3.83	3.12
	P-T	12814.6	78783	4826	7989	79701	26122	0.0071481	0.0777	0.0920	25	20	Ø 12 - 20	1.17	9.00	6.77
	P-J	24027.1	78783	5160	18867	45449	60373	0.016521	0.1835	0.2165	10	20	Ø 12 - 10	2.70	3.81	3.10
52	P-I	5685.38	85960	3686	2000	137206	-31383	0	0.0194	0.0194	116	20	Ø 12 - 20	0.00	15.84	12.44
	P-T	9557.38	85960	4520	5037	100103	5720	0.0015653	0.0490	0.0521	43	20	Ø 12 - 20	0.26	11.90	8.76
	P-J	13884.9	85960	4890	8995	74531	31292	0.0085629	0.0875	0.1046	22	20	Ø 12 - 20	1.40	8.25	6.25
53	P-I	9119.71	28335	3593	5527	46902	12624	0.0042021	0.0536	0.0620	36	18	Ø 12 - 17.5	0.60	6.33	4.69
	P-T	7877.66	28335	3481	4396	52609	6916	0.0023022	0.0426	0.0472	48	18	Ø 12 - 17.5	0.33	7.25	5.35
	P-J	14902.7	28335	3830	11073	30593	28932	0.0096309	0.1074	0.1267	18	18	Ø 12 - 17.5	1.38	3.57	2.71
54	P-I	9716.09	27783	3635	6082	44533	14992	0.0049904	0.0590	0.0690	33	18	Ø 12 - 17.5	0.71	5.94	4.42
	P-T	7005.74	27783	3375	3630	57357	2168	0.0007217	0.0352	0.0367	62	18	Ø 12 - 17.5	0.10	8.02	5.88
	P-J	14809.2	27783	3828	10982	30770	28755	0.0095718	0.1065	0.1257	18	18	Ø 12 - 17.5	1.37	3.60	2.74
55	P-I	29239.3	53484	4665	24574	22160	47286	0.0129831	0.2009	0.2269	10	20	Ø 12 - 10	2.12	1.69	1.26
	P-T	32576	53484	4679	27897	19951	49495	0.0135895	0.2281	0.2553	9	20	Ø 12 - 7.5	2.22	1.26	0.93
	P-J	35912.6	53484	4690	31223	18138	51308	0.0140872	0.2553	0.2835	8	20	Ø 12 - 7.5	2.30	0.91	0.66
57	P-I	9121.56	32668	3593	5529	46894	12631	0.0042046	0.0536	0.0620	36	18	Ø 12 - 17.5	0.60	6.33	4.69
	P-T	7884.05	32668	3482	4402	52577	6948	0.002313	0.0427	0.0473	48	18	Ø 12 - 17.5	0.33	7.25	5.34
	P-J	14909.1	32668	3830	11079	30581	28944	0.0096349	0.1075	0.1267	18	18	Ø 12 - 17.5	1.38	3.57	2.71
58	P-I	9712.49	26251	3634	6078	44547	14978	0.0049859	0.0590	0.0689	33	18	Ø 12 - 17.5	0.71	5.94	4.42
	P-T	7015.08	26251	3377	3639	57303	2222	0.0007398	0.0353	0.0368	61	18	Ø 12 - 17.5	0.11	8.01	5.88
	P-J	14818.5	26251	3828	10991	30753	28773	0.0095778	0.1066	0.1258	18	18	Ø 12 - 17.5	1.37	3.60	2.73
59	P-I	29379.2	24829	4666	24713	22058	47389	0.0130111	0.2021	0.2281	10	20	Ø 12 - 10	2.12	1.67	1.24
	P-T	32715.8	24829	4680	28036	19868	49578	0.0136123	0.2292	0.2565	9	20	Ø 12 - 7.5	2.22	1.25	0.92
	P-J	36052.5	24829	4690	31362	18069	51377	0.0141061	0.2564	0.2846	8	20	Ø 12 - 7.5	2.30	0.89	0.64
61	P-I	13740.2	0	5235	28776	32575	73247	0.0200439	0.2799	0.3200	7	20	Ø 12 - 5	3.27	1.65	1.52
	P-T	6870.1	0	4851	8367	77675	28148	0.0077026	0.0814	0.0968	23	20	Ø 12 - 20	1.26	8.71	6.56
	P-J	13740.2	0	5225	26829	34501	71322	0.0195171	0.2609	0.3000	8	20	Ø 12 - 7.5	3.19	1.98	1.77
62	P-I	23908.4	65737	5158	18750	45662	60161	0.0164628	0.1824	0.2153	10	20	Ø 12 - 10	2.69	3.84	3.13
	P-T	12782.4	65737	4824	7959	79866	25956	0.0071029	0.0774	0.0916	25	20	Ø 12 - 20	1.16	9.02	6.78
	P-J	24064	65737	5160	18904	45384	60439	0.016539	0.1839	0.2169	10	20	Ø 12 - 10	2.70	3.80	3.10
63	P-I	5718.96	91425	3697	2022	136816	-30994	0	0.0197	0.0197	115	20	Ø 12 - 20	0.00	15.80	12.40
	P-T	9549	91425	4519	5030	100166	5657	0.0015479	0.0489	0.0520	43	20	Ø 12 - 20	0.25	11.91	8.76
	P-J	13876.5	91425	4889	8987	74569	31254	0.0085525	0.0874	0.1045	22	20	Ø 12 - 20	1.40	8.26	6.25

Balok	Pot	Geser	Torsi	ϕV_c	ϕV_s	ϕT_c	ϕT_s	$A1/s$	A_v/s	A_v1/s	S	S	Sengkok	A11	A12	A13
No.		(kg)	(kgcm)	(kg)	(kg)	(kg)	(kgcm)	(cm ² /cm)	(cm ² /cm)	(cm ² /cm)	perlu (cm)	max (cm)	pasang	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)
65	P-I	5673.24	35932	3147	2526	66037	-6512	0	0.0245	0.0245	92	18	0 12 - 17.5	0.00	9.10	6.86
	P-T	7444.77	35932	3432	4013	54882	4643	0.0015455	0.0389	0.0420	54	18	0 12 - 17.5	0.22	7.62	5.60
	P-J	11450.2	35932	3726	7724	38737	20788	0.0069199	0.0749	0.0888	25	18	0 12 - 17.5	0.99	4.98	3.73
66	P-I	10388.4	36341	3674	6714	42109	17416	0.0057974	0.0651	0.0767	29	18	0 12 - 17.5	0.83	5.54	4.13
	P-T	7709.27	36341	3463	4246	53475	6051	0.0020142	0.0412	0.0452	50	18	0 12 - 17.5	0.29	7.39	5.44
	P-J	15446.4	36341	3840	11606	29600	29926	0.0099615	0.1126	0.1325	17	18	0 12 - 15	1.43	3.39	2.58
67	P-I	10693.4	26633	3691	7003	41087	18438	0.0061377	0.0679	0.0802	28	18	0 12 - 17.5	0.88	5.37	4.01
	P-T	7096.64	26633	3388	3709	56830	2695	0.0008971	0.0360	0.0378	60	18	0 12 - 17.5	0.13	7.93	5.82
	P-J	15739.4	26633	3846	11893	29090	30435	0.0101313	0.1154	0.1356	17	18	0 12 - 15	1.45	3.30	2.52
68	P-I	9873.74	34852	3644	6229	43943	15583	0.0051871	0.0604	0.0708	32	18	0 12 - 17.5	0.74	5.84	4.35
	P-T	8496.91	34852	3542	4955	49622	9903	0.0032965	0.0481	0.0547	41	18	0 12 - 17.5	0.47	6.77	5.01
	P-J	16702	34852	3862	12840	27527	31998	0.0106515	0.1245	0.1458	15	18	0 12 - 15	1.53	3.02	2.31
69	P-I	7401.39	14932	3427	3975	55119	4406	0.0014667	0.0385	0.0415	54	18	0 12 - 17.5	0.21	7.66	5.63
	P-T	11821.2	14932	3741	8080	37674	21852	0.0072739	0.0784	0.0929	24	18	0 12 - 17.5	1.04	4.80	3.60
	P-J	16241.1	14932	3855	12387	28255	31271	0.0104093	0.1201	0.1410	16	18	0 12 - 15	1.49	3.15	2.40
70	P-I	16255.6	30742	3855	12401	28231	31294	0.0104171	0.1203	0.1411	16	18	0 12 - 15	1.49	3.15	2.40
	P-T	5384.81	30742	3083	2302	68165	-8640	0	0.0223	0.0223	101	18	0 12 - 17.5	0.00	9.35	7.11
	P-J	18031.3	30742	3880	14151	25618	33907	0.011287	0.1373	0.1598	14	18	0 12 - 12.5	1.62	2.67	2.05
71	P-I	5740.52	27904	3161	2580	65554	-6028	0	0.0250	0.0250	90	18	0 12 - 17.5	0.00	9.05	6.81
	P-T	8759.95	27904	3564	5196	48441	11085	0.0036899	0.0504	0.0578	39	18	0 12 - 17.5	0.53	6.58	4.87
	P-J	13292.7	27904	3790	9502	33945	25580	0.0085151	0.0922	0.1092	21	18	0 12 - 17.5	1.22	4.16	3.14
72	P-I	10300.2	37452	3670	6631	42414	17112	0.0056961	0.0643	0.0757	30	18	0 12 - 17.5	0.82	5.59	4.17
	P-T	7637.97	37452	3455	4183	53848	5677	0.0018898	0.0406	0.0444	51	18	0 12 - 17.5	0.27	7.45	5.49
	P-J	15766.5	37452	3846	11920	29043	30482	0.0101467	0.1156	0.1359	17	18	0 12 - 15	1.45	3.29	2.51
73	P-I	9278.28	34869	3605	5674	46251	13275	0.0044189	0.0550	0.0639	35	18	0 12 - 17.5	0.63	6.22	4.62
	P-T	9186.17	34869	3598	5588	46627	12898	0.0042936	0.0542	0.0628	36	18	0 12 - 17.5	0.61	6.28	4.66
	P-J	16948.8	34869	3866	13083	27152	32373	0.0107763	0.1269	0.1484	15	18	0 12 - 15	1.54	2.95	2.26

PCACOL V2.30



x 800 mm

25 MPa

320 MPa

ement: Tied

over = 60 mm

g = 84 mm

25 at 1.84%

1784 mm²

3.413e+010 mm⁴

3.413e+010 mm⁴

mm

mm

PCA

∅

P

n

k

N

11837

9470

-3394

1523

Mn (0°) (kN-m)

ed To: Licensee name not yet specified.

ame: C:\OHADI\TA\PCACOL\C1-3.COL

t: Tugas Akhir

Material Properties:

Id: kolom Lt-1,3

Ec = 23314 MPa

eu = 0.003 mm/mm

er: Nurhadi Unggul Wibowo

fc = 20.92 MPa

Es = 200000 MPa

07/02/97

Time: 09:41:47

Betal = 0.85

ACI 318-83

Stress Profile: Block

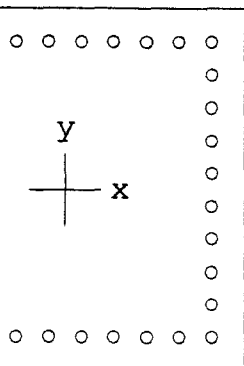
Metric

phi(c) = 0.70, phi(b) = 0.90

slenderness is not considered.

slenderness is not considered.

PCACOL V2.30



x 800 mm

25 MPa

320 MPa

Reinforcement: Tied

Clear cover = 60 mm

Bar diameter = 44 mm

Concrete strength = 28 at 3.46%

Area = 22176 mm²

Moment of inertia = 3.413e+010 mm⁴

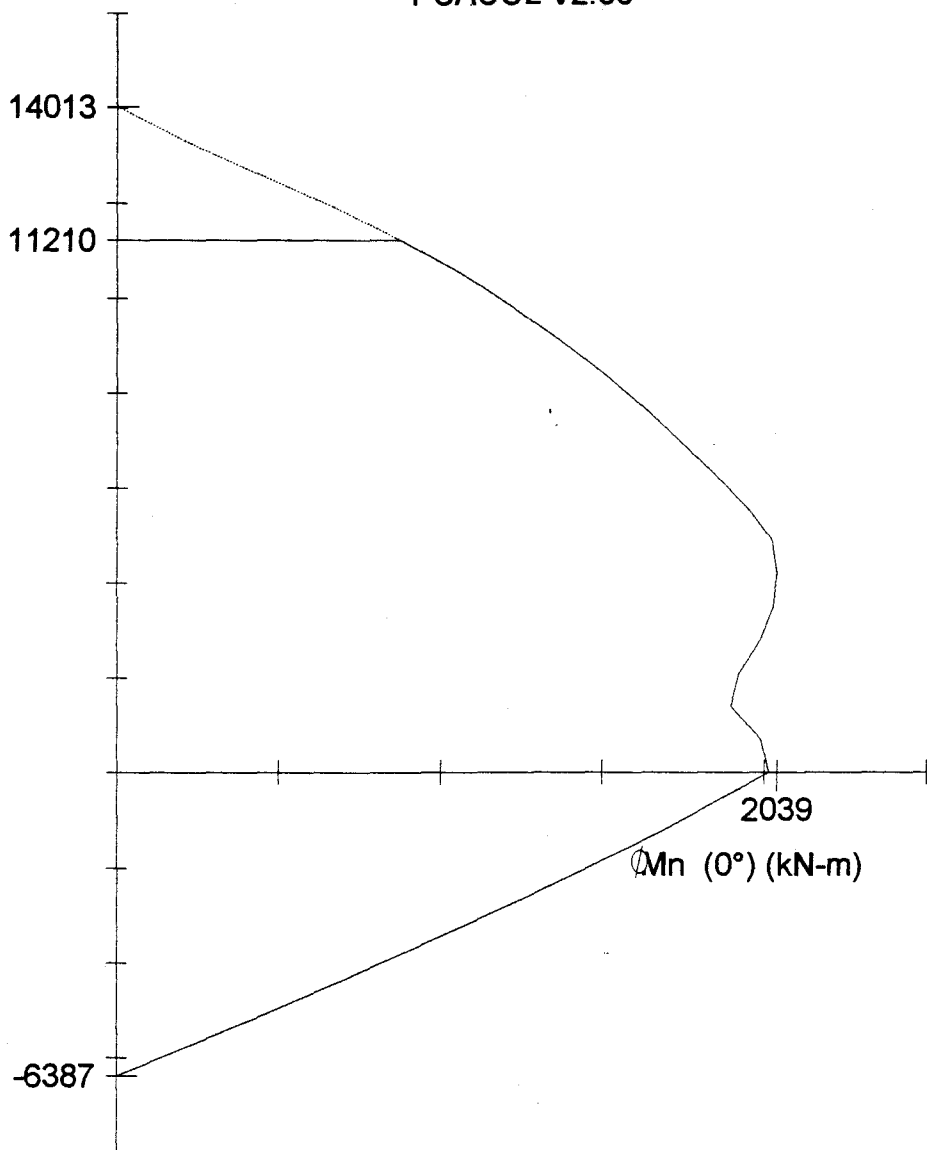
Moment of inertia = 3.413e+010 mm⁴

Height = 3000 mm

Width = 800 mm

Material: PCA

Ø
P
n
k
N



Printed To: Licensee name not yet specified.

File Name: C:\OHADI\TA\PCACOL\C1-8.COL

Project: Tugas Akhir

Material Properties:

Member ID: kolom Lt-1,8

$E_c = 23314$ MPa $e_u = 0.003$ mm/mm

Designer: Nurhadi Unggul Wibowo

$f_c = 20.92$ MPa $E_s = 200000$ MPa

Date: 07/02/97

Time: 09:41:47

$\beta_{t1} = 0.85$

Code: ACI 318-83

Stress Profile: Block

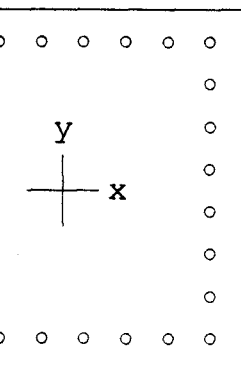
Unit: Metric

$\phi(c) = 0.70$, $\phi(b) = 0.90$

Slenderness is not considered.

Slenderness is not considered.

PCACOL V2.30



x 800 mm

25 MPa

320 MPa

Reinforcement: Tied

Cover = 60 mm

Spacing = 69 mm

25 at 2.15%

3748 mm²

3.413e+010 mm⁴

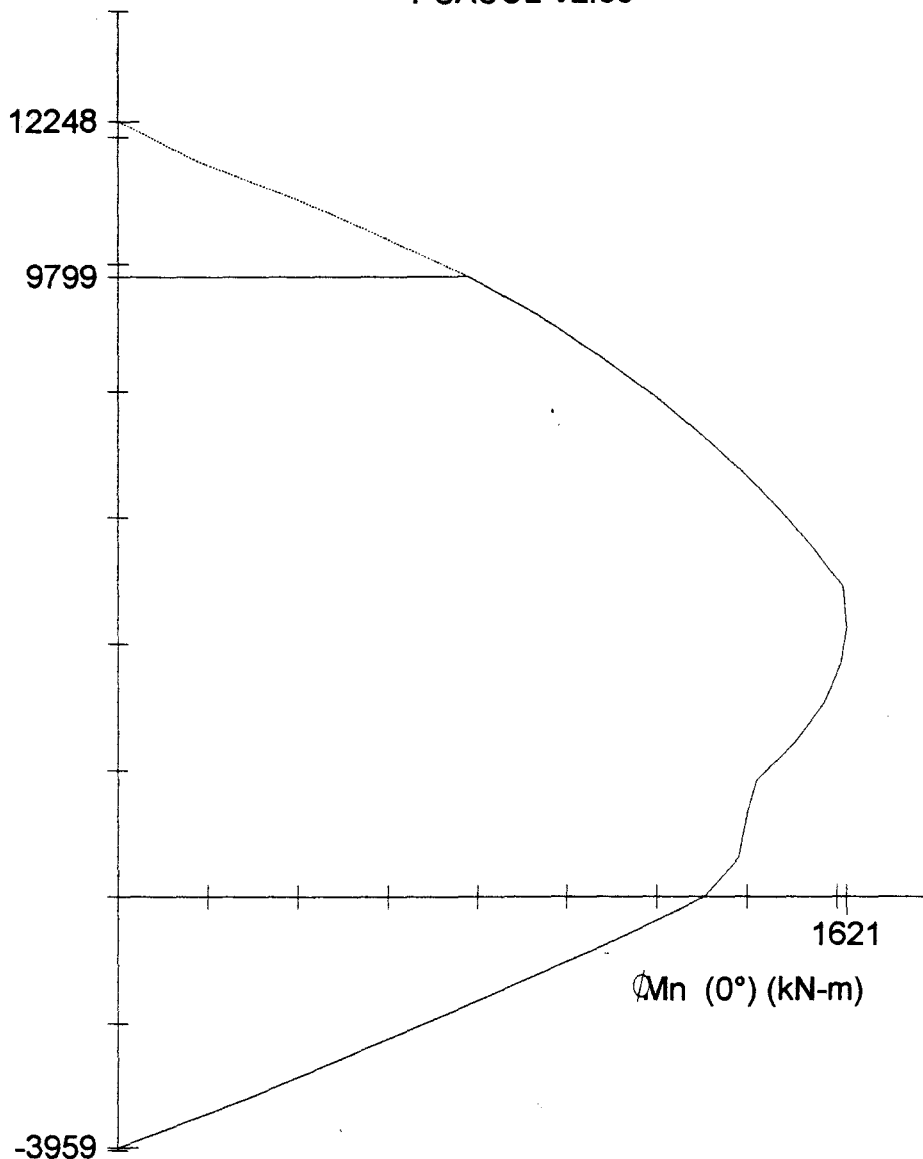
3.413e+010 mm⁴

mm

mm

PCA

Ø
P
n
k
N



ed To: Licensee name not yet specified.

ame: C:\OHADI\TA\PCACOL\C1-1.COL

t: Tugas Akhir

Material Properties:

Id: kolom Lt-1,1

Ec = 23314 MPa

eu = 0.003 mm/mm

er: Nurhadi Unggul Wibowo

fc = 20.92 MPa

Es = 200000 MPa

07/02/97

Time: 09:41:47

Betal = 0.85

ACI 318-83

Stress Profile: Block

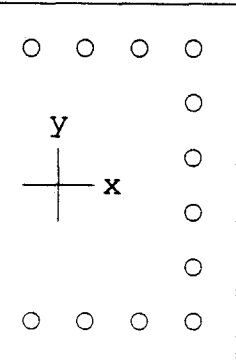
Metric

phi(c) = 0.70, phi(b) = 0.90

slenderness is not considered.

slenderness is not considered.

PCACOL V2.30



x 600 mm

25 MPa

320 MPa

ement: Tied

ver = 60 mm

g = 62 mm

28 at 3.42%

2320 mm²

.080e+010 mm⁴

.080e+010 mm⁴

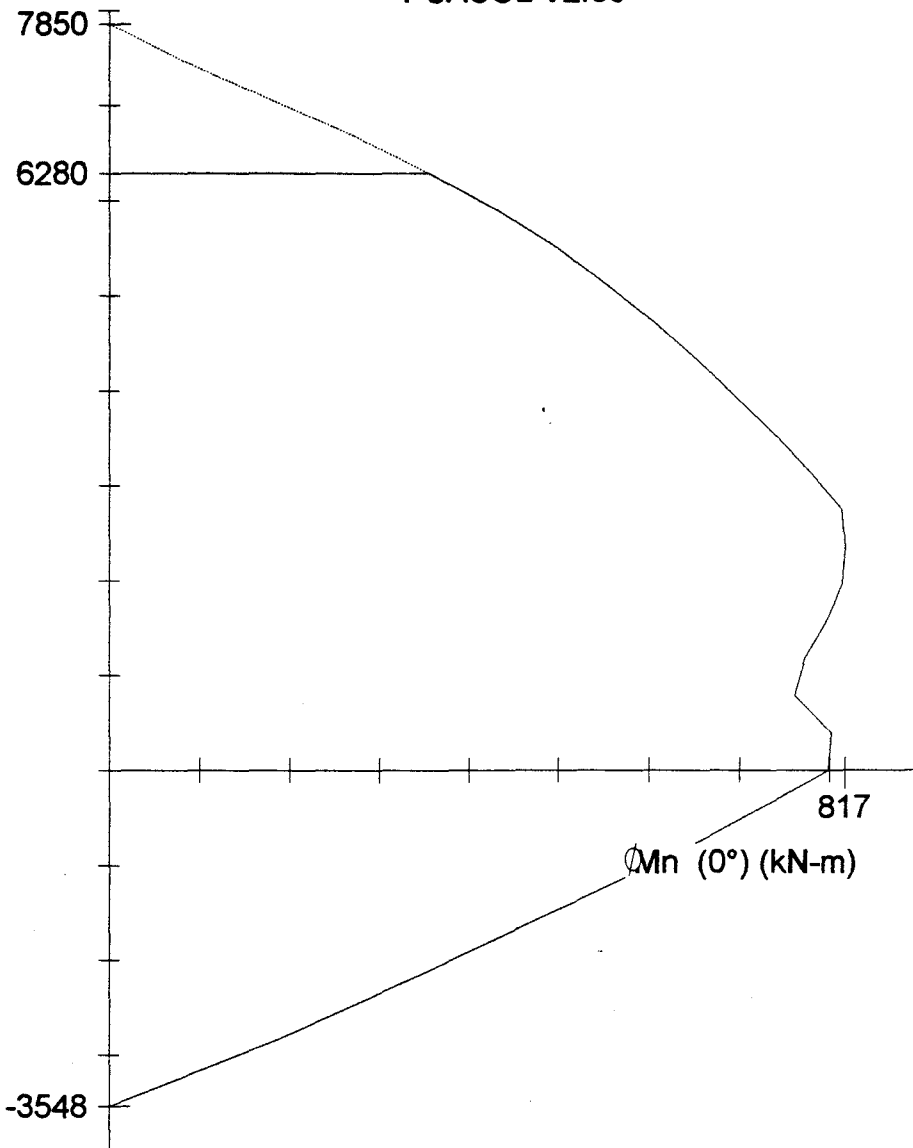
mm

mm

PCA

∅

P
n
k
N



ed To: Licensee name not yet specified.

ame: C:\OHADI\TA\PCACOL\C5-8.COL

t: Tugas Akhir

Material Properties:

Id: kolom Lt-5,8

Ec = 23314 MPa

eu = 0.003 mm/mm

er: Nurhadi Unggul Wibowo

fc = 20.92 MPa

Es = 200000 MPa

07/02/97

Time: 09:41:47

Beta1 = 0.85

ACI 318-83

Stress Profile: Block

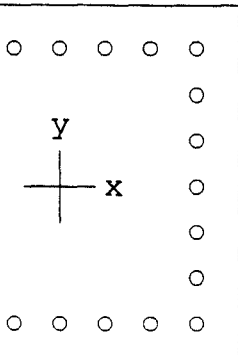
Metric

phi(c) = 0.70, phi(b) = 0.90

slenderness is not considered.

slenderness is not considered.

PCACOL V2.30

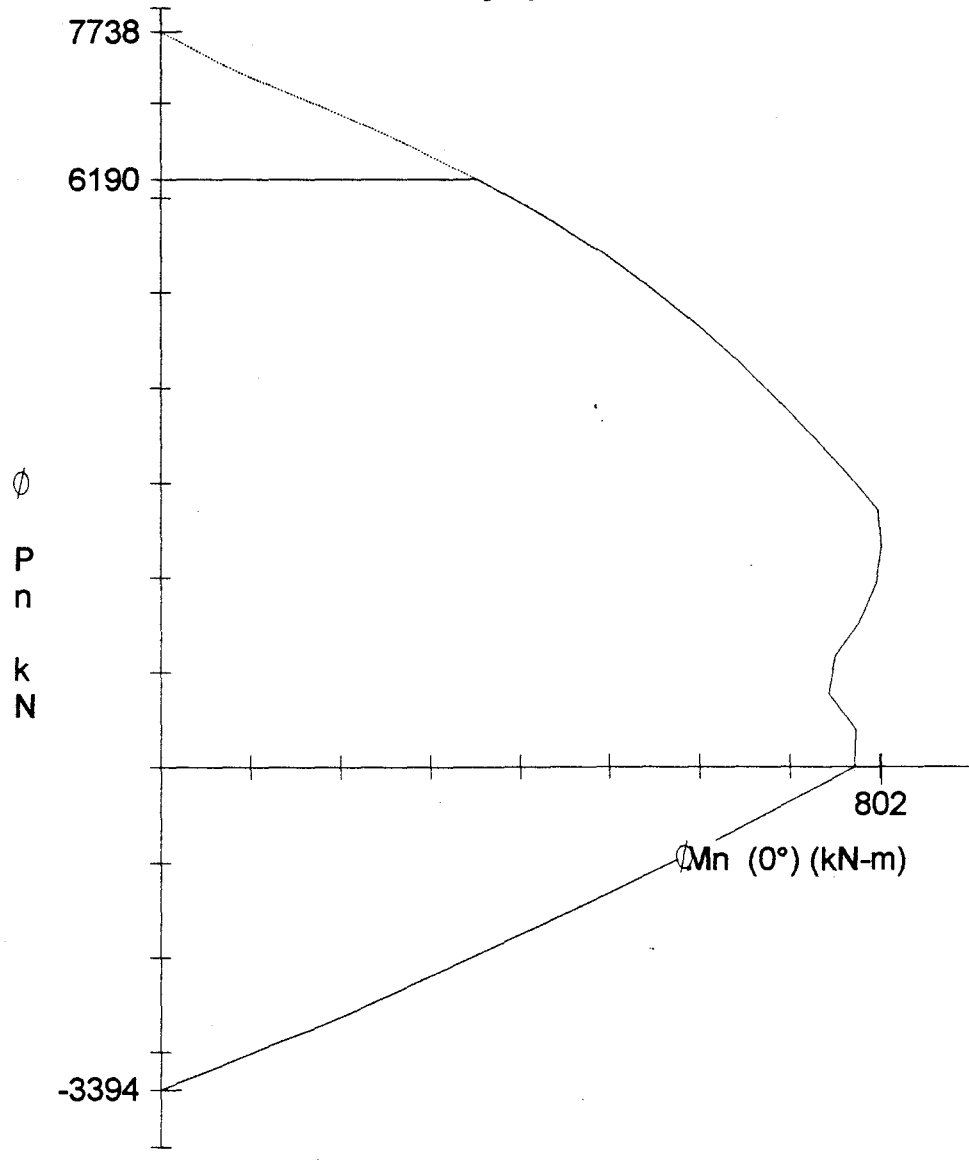


x 600 mm

25 MPa
320 MPa

ement: Tied
ver = 60 mm
g = 51 mm
25 at 3.27%
1784 mm²

.080e+010 mm⁴
.080e+010 mm⁴
mm
mm
PCA



ed To: Licensee name not yet specified.

ame: C:\OHADI\TA\PCACOL\C5-7.COL

t: Tugas Akhir

Material Properties:

Id: kolom Lt-5,7

Ec = 23314 MPa eu = 0.003 mm/mm

er: Nurhadi Unggul Wibowo

fc = 20.92 MPa Es = 200000 MPa

07/02/97

Time: 09:41:47

Beta1 = 0.85

ACI 318-83

Stress Profile: Block

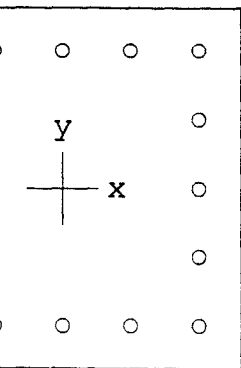
Metric

phi(c) = 0.70, phi(b) = 0.90

slenderness is not considered.

slenderness is not considered.

PCACOL V2.30



x 600 mm

25 MPa

320 MPa

ement: Tied

over = 60 mm

ng = 89 mm

25 at 2.18%

7856 mm²

.080e+010 mm⁴

.080e+010 mm⁴

mm

mm

PCA

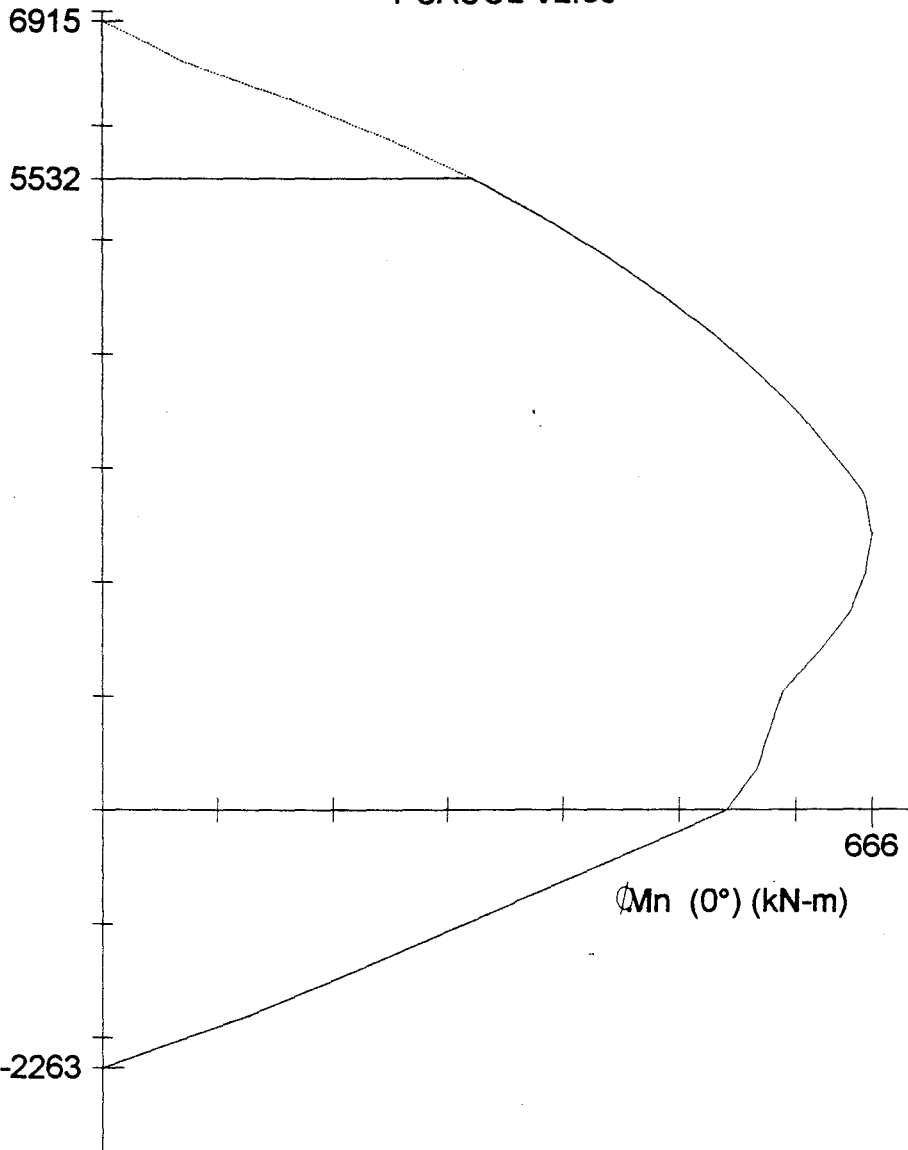
Ø

P

n

k

N



ed To: Licensee name not yet specified.

ame: C:\OHADI\TA\PCACOL\C5-1.COL

t: Tugas Akhir

Material Properties:

Id: kolom Lt-5,1

Ec = 23314 MPa

eu = 0.003 mm/mm

er: Nurhadi Unggul Wibowo

fc = 20.92 MPa

Es = 200000 MPa

07/02/97

Time: 09:41:47

Betal = 0.85

ACI 318-83

Stress Profile: Block

Metric

phi(c) = 0.70, phi(b) = 0.90

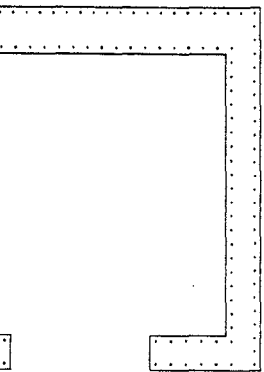
slenderness is not considered.

slenderness is not considered.

Tabel 6.3 PENULANGAN KOLOM

Lantai	Type Kolom	Column ID	Dimensi (cm)	Tulangan (All Sides Equal)	ρ (%)
1 - 4	K 1	47, 50	60 x 60	28 D 25	3.82
	K 2	41, 46, 48, 49	80 x 80	20D 25	1.53
	K 3	3, 4, 27, 36, 37, 40	80 x 80	24 D 25	1.84
	K 4	1, 6, 28, 35, 42, 45	80 x 80	28 D 25	2.15
	K 5	43, 44	80 x 80	32 D 25	2.45
	K 6	2, 6	80 x 80	36 D 25	2.76
	K 7	15, 16	80 x 80	20 D 28	1.92
	K 8	7, 9, 10, 12, 13, 18, 38, 39	80 x 80	32 D 28	3.08
	K 9	8, 11, 14, 17	80 x 80	36 D 28	3.46
5 - Atap	K 1	27, 36, 41, 46, 47, 48, 49, 50	60 x 60	12 D 25	1.64
	K 2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 28, 35, 37, 40			
		42, 45	60 x 60	16 D 25	2.18
	K 3	43, 44	60 x 60	20 D 25	2.73
	K 4	9, 10, 13, 15, 16, 18	60 x 60	16 D 28	2.74
	K 5	7, 8, 11, 12, 14, 17, 38, 39	60 x 60	20 D 28	3.42

PCACOL V2.30



0 x 3100 mm

= 25 MPa

= 320 MPa

Reinforcement: Tied

cover = NA

spacing = 96 mm

ρ = 1.44%

46860 mm²

3.894e+012 mm⁴

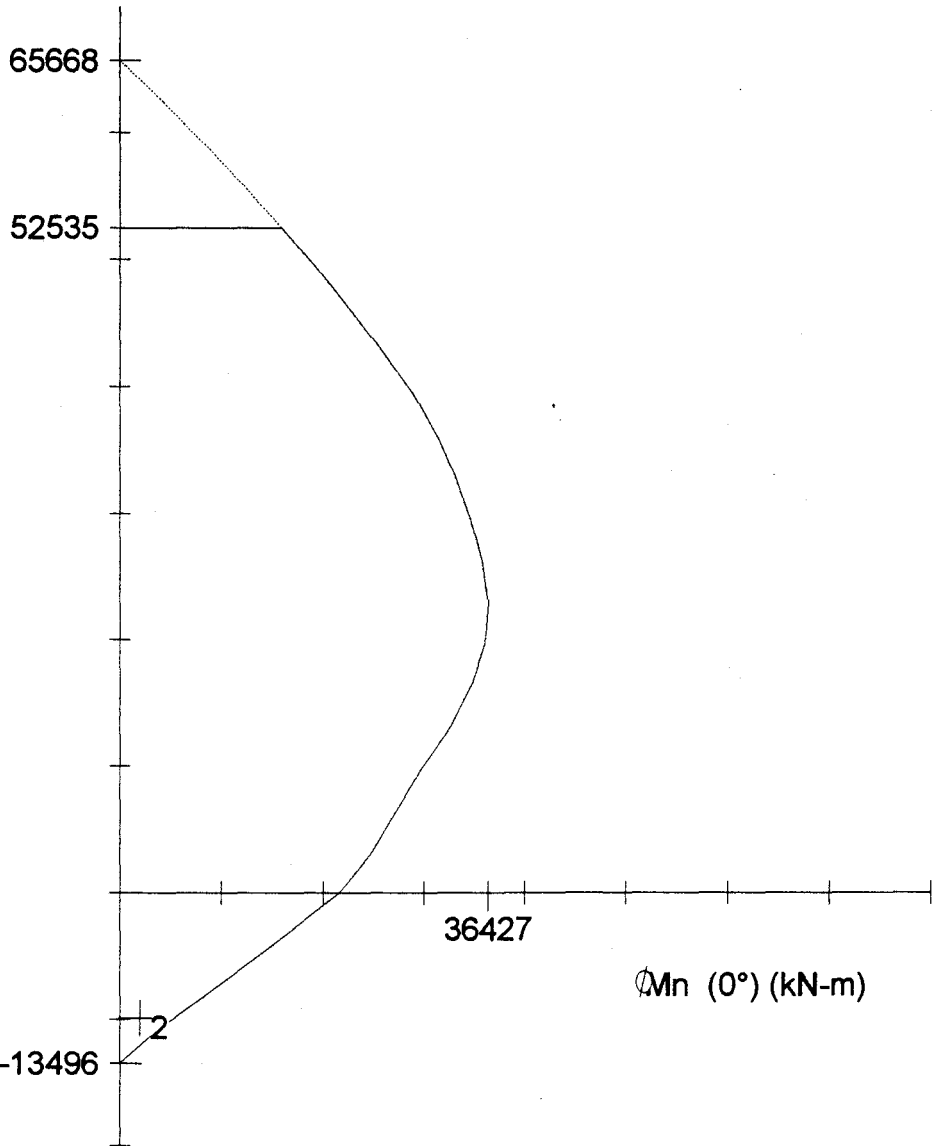
4.528e+012 mm⁴

1550 mm

1797 mm

3 PCA

∅
P
n
k
N



Message: Licensee name not yet specified.

File name: C:\OHADI\TA\PCACOL\SW-LT1.COL

Project: Tugas Akhir

Material Properties:

Section Id: S.W Lt-1

Ec = 23314 MPa

eu = 0.003 mm/mm

Designer: Nurhadi Unggul Wibowo

fc = 24.61 MPa

Es = 200000 MPa

Date: 07/02/97

Time: 09:41:47

Beta1 = 0.85

Code: ACI 318-83

Stress Profile: Block

Units: Metric

phi(c) = 0.70, phi(b) = 0.90

Slenderness: slenderness is not considered.

Slenderness: slenderness is not considered.

DAFTAR JUMLAH TIANG PANCANG

Poer	Pu ton	Mx tm	My tm	Hx ton	Hy ton	b m	h m	t m	Kontrol P								
									Berat Poer ton	Pu total ton	n	Y mak m	X mak m	Y ² total	X ² total	P mak ton	P ijin ton
1	151.899	68.743	19.859	18.689	5.664	1	1	1	2.4	154.299	1	0	0	0	0	154.299	163
2	225.228	56.306	33.217	16.199	11.797	1	2.4	1	5.76	230.988	3	0.7	0	0.98	0	117.2146	163
3	313.875	75.767	2.999	26.972	2.367	1	2.4	1	5.76	319.635	3	0.7	0	0.98	0	160.6643	163
4	299.865	53.496	51.771	7.871	12.419	1	2.4	1	5.76	305.625	3	0.7	0	0.98	0	140.0864	163
5	432.752	57.835	18.176	17.574	9.887	2.2	2.2	1	11.616	444.368	4	0.6	0.6	1.44	1.44	142.7633	163
6	432.693	66.227	25.783	18.344	5.046	2.2	2.2	1	11.616	444.309	4	0.6	0.6	1.44	1.44	149.4148	163
7	342.998	50.514	8.774	20.343	5.031	1	2.4	1	5.76	348.758	3	0.7	0	0.98	0	152.3341	163
8	593.992	40.631	7.028	11.551	3.349	2.5	2.5	1	15	608.992	5	0.75	0.75	2.25	2.25	137.6847	163
9	709.15	55.861	30.451	17.997	9.282	2	3	1	14.4	723.55	6	1	0.5	4	1.5	144.7073	163
10	860.567	179.96	6486.3	194.63	475.36	6.6	6.6	1	104.544	965.111	41	2.8	2.8	137.2	137.2	159.5854	163

GEOLOGIC DRILLING LOG

PROJECT: (S) 1000 BARY LOCATION: 1000
 DATE: 10/10/57 TIME: 10:00 AM
 DRILLER: E. J. BERRY OPERATOR: E. J. BERRY
 (CONTINUED ON) E. J. BERRY

STANDARD TESTS
 (S) 1000 BARY
 (S) 1000 BARY
 (S) 1000 BARY

ELEVATION (m)	DEPTH (m)	CORRECTION LOG	SOIL TYPE	SOIL AND/OR ROCK DESCRIPTION	RELATIVE HUMIDITY	TEMPERATURE	SOUNDINGS		NO. OF BLOW / cm	S VALUE
							DEPTH (m)	TYPE		
0.00	0.00		CI	CLAY (FILLING MATERIAL) red, highly plastic, containing a small amount of sand.			1.00	M	2/15	4
2.00	2.00		MH	CLAYEY SILT reddish white (up to 6.00m) and yellowish brown, highly plastic.			3.00	M	7/15	15
4.00	4.00		MH	SANDY SILT white to brown, highly plastic.			4.00	M	1/35	1
6.00	6.00		MH	SILT white to brown, highly plastic.			6.00	M	3/15	3
8.00	8.00		MH	SILT brown, highly plastic, clayey.			7.00	M	7/15	17
10.00	10.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			7.90	M	15/15	15
12.00	12.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			9.00	M	15/15	15
14.00	14.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			9.40	M	15/15	15
16.00	16.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			10.00	M	15/15	15
18.00	18.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			10.80	M	15/15	15
20.00	20.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			10.90	M	15/15	15
22.00	22.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			12.00	M	11/15	24
24.00	24.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			12.40	M	13/15	24
26.00	26.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			13.00	M	15/20	30
28.00	28.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			13.90	M	15/15	30
30.00	30.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			15.00	M	15/15	60
32.00	32.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			15.40	M	15/15	60
34.00	34.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			16.00	M	15/20	60
36.00	36.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			16.90	M	15/15	60
38.00	38.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			18.00	M	15/15	60
40.00	40.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			18.40	M	15/15	60
42.00	42.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			19.00	M	15/15	60
44.00	44.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			20.00	M	15/20	60
46.00	46.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			20.40	M	15/15	60
48.00	48.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			21.00	M	15/15	60
50.00	50.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			21.40	M	15/15	60
52.00	52.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			22.00	M	12/15	31
54.00	54.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			22.90	M	15/15	31
56.00	56.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			24.00	M	15/15	8
58.00	58.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			24.40	M	15/15	8
60.00	60.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			25.00	M	12/15	35
62.00	62.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			25.90	M	13/15	35
64.00	64.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			27.00	M	9/15	16
66.00	66.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			27.40	M	13/15	16
68.00	68.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			28.00	M	9/15	16
70.00	70.00		MH	SILT grey, highly plastic, containing a small amount of clay.			28.90	M	13/15	16



250 MM UP TO 30.00 M DEPTH
 CEMENTED SAND

SOFT TO MEDIUM
 STIFF TO VERY STIFF

VERY STIFF

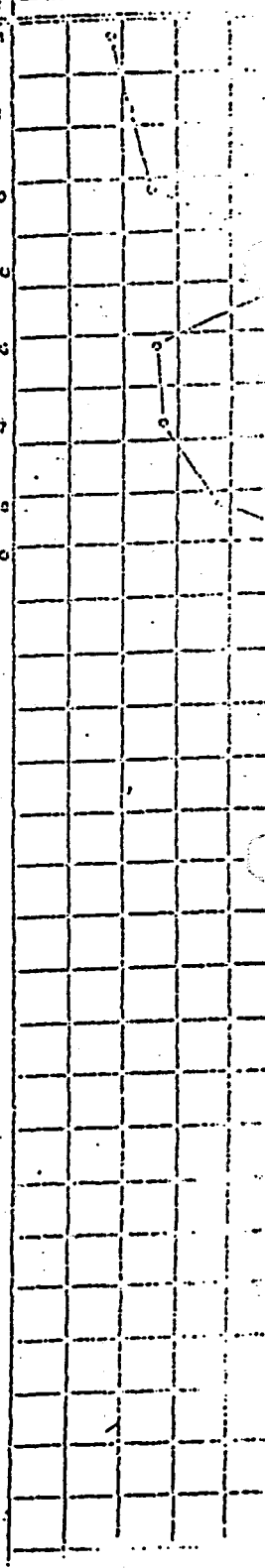
GEOLOGIC DRILLING LOG

PROJECT : CHINA TROPIC CEMENT WORKS	GROUND LEVEL : MSL	DATE : 1953-11-11
LOCATION : CHINA TROPIC CEMENT WORKS	DRILL NUMBER : 11-11-11	LOGGED BY : Dr. J. J. G. G.
DAYS : 1953-11-11	LOGGED BY : Dr. J. J. G. G.	CONTINUED BY : Dr. J. J. G. G.
TOTAL DEPTH : 40.00		

C.I.C. NO. : PROJECT NO. : DATE : NO. OF CORE / M : NO. OF SAMPLES :	PREPARED BY : CHECKED BY : NO. OF CORE / M : NO. OF SAMPLES :
--	--

ELEVATION (m)	DEPTH (m)	SOIL TYPE	SOIL AND/OR ROCK DESCRIPTION	RELATIVE HUMIDITY	TEMPERATURE	SAMPLES		NO. OF CORE / M	NO. OF SAMPLES
						DEPTH (m)	TYPE		
39.00	0.00	CI	SILTY CLAY :			39.00	CI	1	1
32.00	7.00	CI	CLAY :			31.00	CI	1	1
			grey, highly plastic.			31.00	CI	1	1
34.00	6.00	CI	SILT :			33.00	CI	1	1
			grey, cemented, at 35.50 m -			33.00	CI	1	1
			37.10 m depth : silt, greyish			33.00	CI	1	1
			brown, containing a small			33.00	CI	1	1
			amount of fines.			33.00	CI	1	1
35.00	5.00	CI				35.00	CI	1	1
						35.00	CI	1	1
36.00	4.00	CI				36.00	CI	1	1
						36.00	CI	1	1
37.00	3.00	CI				37.00	CI	1	1
						37.00	CI	1	1
38.00	2.00	CI				38.00	CI	1	1
						38.00	CI	1	1
39.00	1.00	CI				39.00	CI	1	1
						39.00	CI	1	1
40.00	0.00	CI	END OF CORE HOLE			40.00	CI	1	1
						40.00	CI	1	1

RESUM UP TO 30.00 M DEPTH



WIKA PILE CLASSIFICATION

Pile No.	Pile Diameter (mm)	Pile Thickness (mm)	Pile Class	PO-VIRE		Area of steel (Cm ²)	Area of Concrete (Cm ²)	Section Modulus (Cm ³)	Effective Prestress (Kg/Cm ²)	Allowable Axial Load (T)	Bearing Capacity (T)	Settlement (mm)
				D (mm)	Num							
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
			C	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	172.66	10.50	15.75
			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
			B	7	28	10.78	1159.25	10474.61	80.48	163.08	15.00	27.00
				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	229.00	19.00	28.50
				9	20	12.72	1570.80	17411.58	66.82	226.69	22.00	33.00
			A3	7	32	12.32	1570.80	17398.90	69.38	225.62	22.00	33.00
				9	24	15.27	1570.80	17490.53	80.13	221.12	25.00	45.00
			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/cm² at 28 days.
3. Allowable axial load is applicable to pile acting as a short strut.