

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN DAN MODIFIKASI ULANG GEDUNG BERTINGKAT KAMPUS III UNIVERSITAS MUHAMMADIAH MALANG DENGAN DAKTILITAS II



RSS
690-73
Apr
P-1
2000

Oleh :

RUDY APRIYANTO

NRP : 3198 109 534

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2000

8/2/01
H

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN DAN MODIFIKASI ULANG GEDUNG BERTINGKAT KAMPUS III UNIVERSITAS MUHAMMADIAH MALANG DENGAN DAKTILITAS II

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing



Heppy Kristijanto

31 - 01
01

(Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS)

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2000

ABSTRAK

PERANCANGAN DAN MODIFIKASI ULANG GEDUNG BERTINGKAT KAMPUS III UNIVERSITAS MUHAMMADIAH MALANG DENGAN DAKTILITAS II

Oleh :

Rudy Apriyanto

3198109534

Dosen Pembimbing :

Ir. Heppy Kristijanto, MS

Gedung Kampus III Universitas Muhammadiyah merupakan salah satu gedung perkuliahan yang terletak di jalan Tlogo Mas Malang. Berdasarkan gambar arsitektural yang ada, penulis mencoba untuk merancang dan memodifikasi ulang struktur gedung tersebut dengan menggunakan tinjauan gempa daktilitas tingkat 2. Tugas Akhir dibatasi tentang perancangan strukturnya saja, tidak termasuk perencanaan fungsional maupun operasional bangunan.

Unsur - unsur struktur yang akan dibahas meliputi perencanaan plat atap dan lantai, perencanaan balok anak dan tangga, perencanaan balok induk dan kolom serta perencanaan pondasi.

Struktur utama dimodelkan sebagai open frame 3D yang merupakan rangkaian balok dan kolom. Analisa gaya struktur utama

menggunakan bantuan program SAP90 dengan analisa statik ekuivalen pada pembebanan gempa.

Gedung ini direncanakan setinggi 24 m (termasuk plat atap) panjang 116 m dan lebar 19 m yang terletak pada zone 4 dengan dimensi kolom 60/60 cm dan jenis pondasi tiang pancang berdiameter 40 cm, 45 cm dan 50 cm. Mutu beton (f_c') = 30 Mpa, Mutu baja (F_y) = 350 Mpa.

Sebagai akhir dalam perencanaan Tugas Akhir, maka semua hasil perencanaan dituangkan dalam bentuk gambar - gambar arsitektural dan detail untuk mempermudah pelaksanaan di lapangan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadirat ALLAH SWT atas segala rahmat dan hidayahnya yang telah dilimpahkan kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menempuh jenjang pendidikan strata 1 di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam Tugas Akhir ini penulis mencoba mengaplikasikan semua ilmu yang diperoleh di bangku kuliah, buku literatur, tugas – tugas serta bimbingan dan pengarahan dari dosen dalam merencanakan struktur gedung bertingkat.

Selama menyusun Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapat bimbingan, petunjuk dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Bapak, Ibu dan Adik – Adikku yang tercinta yang telah memberikan dukungan moril dan materiil yang tak terhingga.
2. Bapak Ir. Heppy Kristijanto MS, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk dan motifasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir Retno Indryani MS, selaku dosen wali.
4. Bapak Ir Indra Surya BM Msc Phd, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
5. Semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa masih banyak -terdapat kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap Tugas Akhir dapat memberikan manfaat bagi pembaca, khususnya bagi penulis sendiri serta bagi seluruh mahasiswa.

Surabaya, Januari 2001

Rudy Apriyanto

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
BAB I PENDAHULUAN	1 – 1
1.1 Umum	1 – 1
1.2 Latar Belakang	1 – 1
1.3 Maksud dan Tujuan	1 – 2
1.4 Lingkup Bahasan	1 – 2
1.5 Tingkatan Daktilitas	1 – 3
1.6 Dasar Pemilihan Daktilitas Dua	1 – 4
BAB II DASAR – DASAR PERENCANAAN	II – 1
2.1 Data Bangunan	II – 1
2.2 Pendekatan Perencanaan	II – 1
2.3 Peraturan – Peraturan yang Digunakan	II – 2
2.4 Pembebanan Struktur	II – 2
2.5 Metode Analisa dan Perhitungan	II – 4
BAB III PERENCANAAN PLAT	III – 1
3.1 Kuat Perlu	III – 1
3.2 Kuat Rencana	III – 1
3.3 Kontrol Lendutan	III – 2
3.3.1 Konstruksi Satu Arah (Non Pratekan)	III – 2
3.3.2 Konstruksi Plat Dua Arah (Non Pratekan)	III – 3

3.4 Syarat – Syarat Umum Plat	III – 4
3.5 Preliminary Design Plat	III – 4
3.6 Preliminary Design Balok	III – 6
3.7 Langkah Perhitungan Penulangan Plat	III – 7
3.8 Contoh Perhitungan Mencari Nilai α Pada Plat	III – 8
3.9 Penentuan Tebal Plat	III – 12
3.10 Perhitungan Pembebanan	III – 13
3.11 Contoh Perhitungan Penulangan Plat Atap	III – 14
BAB IV PERENCANAAN BALOK ANAK dan TANGGA	IV – 1
4.1 Balok Anak	IV – 1
4.2 Type – Type Pembebanan	IV – 2
4.3 Perhitungan Momen dan Gaya Lintang	IV – 6
4.4 Penulangan Geser dan Torsi	IV – 7
4.4.1 Sumbangan Kekuatan Geser Beton	IV – 7
4.4.2 Kriteria Desain Geser dan Lentur	IV – 7
4.4.3 Tulangan Torsi Minimum	IV – 8
4.5 Contoh Perhitungan Balok Anak	IV – 9
4.5.1 Perhitungan Pembebanan	IV – 10
4.5.2 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak	IV – 11
4.5.3 Penulangan Geser	IV – 14
4.5.4 Penulangan Torsi Minimum	IV – 15
4.6 Kontrol Lendutan	IV – 17
4.7 Kontrol Retak	IV – 18
4.8 Panjang Penyaluran	IV – 19
4.9 Perencanaan Tangga	IV – 21


BAB V PEMBEBANAN STRUKTUR UTAMA	V - 1
5.1 Perhitungan Pembebanan Balok Portal Sumbu K	V - 1
5.1.1 Perhitungan Pembebanan Balok Portal Atap	V - 1
5.1.2 Perhitungan Pembebanan Balok Portal Melintang	
Lantai 2 s/d 6	V - 4
5.2 Perhitungan Pembebanan Balok Portal Sumbu 4	V - 7
5.2.1 Perhitungan Pembebanan Balok Portal	
Memanjang Atap	V - 7
5.2.2 Perhitungan Pembebanan Balok Portal	
Memanjang Lantai 2 s/d 6	V - 8
5.3 Perhitungan Pembebanan Untuk Gempa Sumbu K	V - 9
5.3.1 Berat Bangunan Total Plat Atap	V - 9
5.3.2 Berat Bangunan Total Lantai 2 s/d 6	V - 10
5.4 Perhitungan Gaya Horizontal Akibat Gempa	V - 11
 BAB VI PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA	 VI - 1
6.1 Perhitungan Penulangan Balok Utama	VI - 1
6.1.1 Perhitungan Tulangan Lentur Balok	VI - 1
6.1.2 Perhitungan Geser dan Torsi Balok	VI - 5
6.1.3 Kontrol Lendutan	VI - 11
6.1.4 Kontrol Retak	VI - 12
6.1.5 Panjang Penyaluran	VI - 12
6.2 Perencanaan Kolom	VI - 15
6.2.1 Panjang Tekuk Kolom	VI - 16
6.2.1.1 Kolom Pendek	VI - 17
6.2.1.2 Kolom Panjang	VI - 17

6.2.1.3 Pembatasan Penulangan Kolom	VI – 18
6.2.1.4 Perencanaan Kolom Terhadap Geser	VI – 19
6.3 Contoh Perhitungan Penulangan Lentur Kolom	VI – 19
BAB VII PERENCANAAN PONDASI	VII – 1
7.1 Umum	VII – 1
7.2 Daya Dukung Tiang	VII – 1
7.2.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal	VII – 2
7.2.2 Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok	VII – 3
7.3 Beban Maksimum Tiang Akibat Aksial dan Momen	VII – 3
7.4 Kontrol Tiang Terhadap Gaya Lateral	VII – 4
7.5 Perencanaan Poer (Pile Cap)	VII – 5
7.5.1 Kontrol Geser Pons pada Poer	VII – 5
7.5.2 Penulangan Lentur Poer	VII – 6
7.5.3 Penulangan Geser Lentur Poer	VII – 6
7.6 Perencanaan Sloof (Tie Beam)	VII – 6
7.6.1 Penulangan Sloof	VII – 7
7.6.2 Penulangan Geser Sloof	VII – 7
7.7 Perhitungan Pondasi Type 1	VII – 7
7.7.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal	VII – 7
7.7.2 Kontrol Tiang Terhadap Gaya Lateral	VII – 11
7.7.3 Kontrol Geser Pons pada Poer	VII – 12
7.7.4 Penulangan Lentur Poer	VII – 13
7.7.5 Perencanaan Sloof	VII – 17
7.8 Perhitungan Pondasi Type 2 (untuk 2 kolom dilatasi)	VII – 20
7.8.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal	VII – 20

7.8.2 Kontrol Tiang Terhadap Gaya Lateral	VII – 24
7.8.3 Kontrol Geser Pons pada Poer	VII – 25
7.8.4 Penulangan Lentur Poer	VII – 27
7.9 Perencanaan Sloof Type 2	VII – 33
7.10 Perhitungan Pondasi Type 3 (untuk 2 kolom koridor) ..	VII – 36
7.10.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal	VII – 36
7.10.2 Kontrol Tiang Terhadap Gaya Lateral	VII – 39
7.10.3 Kontrol Geser Pons pada Poer	VII – 41
7.10.4 Penulangan Lentur Poer	VII – 42
7.11 Perhitungan Pondasi Type 4 (untuk 4 kolom dilatasi) .	VII – 48
7.11.1 Kontrol Tiang Terhadap Gaya Lateral	VII – 51
7.11.2 Kontrol Geser Pons pada Poer	VII – 52
7.11.3 Penulangan Lentur Poer	VII – 53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB I
PENDAHULUAN

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Umum

Dengan pesatnya ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia, menjadikan pendidikan sebagai salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting bagi masyarakat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, diperlukan adanya sarana dan prasarana pendidikan yang memadai. Sarana pendidikan tersebut dapat berupa gedung perkuliahan, perpustakaan, laboratorium dan sarana penunjang lainnya.

Gedung Kampus III merupakan salah satu gedung dari beberapa gedung yang dimiliki oleh Universitas Muhammadiyah yang dibangun di daerah perbukitan yang terletak di Jalan Tlogo Mas Malang.

1.2 Latar Belakang

Berdasarkan falsafah perancangan bangunan tahan gempa Indonesia, maka suatu struktur bangunan harus tahan gempa kecil atau sedang tanpa mengalami kerusakan, sedangkan akibat gempa besar (kuat) dapat mengakibatkan kerusakan tetapi tidak sampai terjadi keruntuhan struktur.

Suatu kenyataan yang telah dapat diterima bahwa secara ekonomis tidaklah layak untuk merencanakan struktur gedung sedemikian rupa kuatnya sehingga tahan terhadap gempa secara

elastis. Oleh sebab itu ditetapkanlah suatu taraf gempa rencana yang dapat menjamin suatu struktur gedung tidak rusak dalam menerima gempa kecil atau sedang dan dalam menerima gempa besar yang jarang terjadi, dan diharapkan struktur tersebut mampu melakukan perubahan bentuk secara daktail, dengan cara memencarkan energi gempa serta membatasi gaya gempa yang bekerja padanya.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan penulisan Tugas Akhir ini untuk menerapkan segala disiplin ilmu yang telah diperoleh dari bangku kuliah, terutama dalam perencanaan struktur bertingkat tinggi yang diharapkan nantinya dapat berguna dalam lingkup pekerjaan sipil khususnya bidang konstruksi secara optimal berdasarkan tingkat Daktilitas II.

1.4 Lingkup Bahasan

Lingkup pembahasan Tugas Akhir ini meliputi perencanaan struktur utama, struktur sekunder dan perencanaan pondasi.

Struktur utama (balok induk dan kolom) adalah bagian dari keseluruhan gedung yang diutamakan sebagai satu kesatuan yang menerima seluruh beban yang ada dan menyalurkannya ke pondasi.

Sedangkan struktur sekunder adalah struktur yang direncanakan untuk menerima beban yang kemudian disalurkan ke kepala struktur utama. Yang termasuk struktur sekunder adalah plat atap, plat lantai, balok anak dan tangga.

Dalam merencanakan struktur bawah (pondasi) juga dipertimbangkan kemampuan dari bahan yang digunakan serta daya dukung tanah, yang meliputi perencanaan pondasi adalah tiang pancang, poer dan sloof (tie beam).

1.5 Tingkatan Daktilitas

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

a. Tingkat Daktilitas 1 (elastis)

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

b. Tingkat Daktilitas 2 (daktilitas terbatas)

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

c. Tingkat Daktilitas 3 (daktilitas penuh)

Beban rancang lateral dasar yang ditetapkan dalam PPTGIUG-83 harus dikalikan dengan faktor type struktur (K) minimal 1. Perencanaan dengan tingkat daktilitas ini disebut juga dengan perencanaan dengan daktilitas penuh (full ductility). Perencanaan dengan metode daktilitas penuh memerlukan prosedur desain yang kompleks dan rumit, yaitu dengan menggunakan prosedur perencanaan kapasitas desain (design capacity).

1.6 Dasar Pemilihan Daktilitas Dua (daktilitas terbatas)

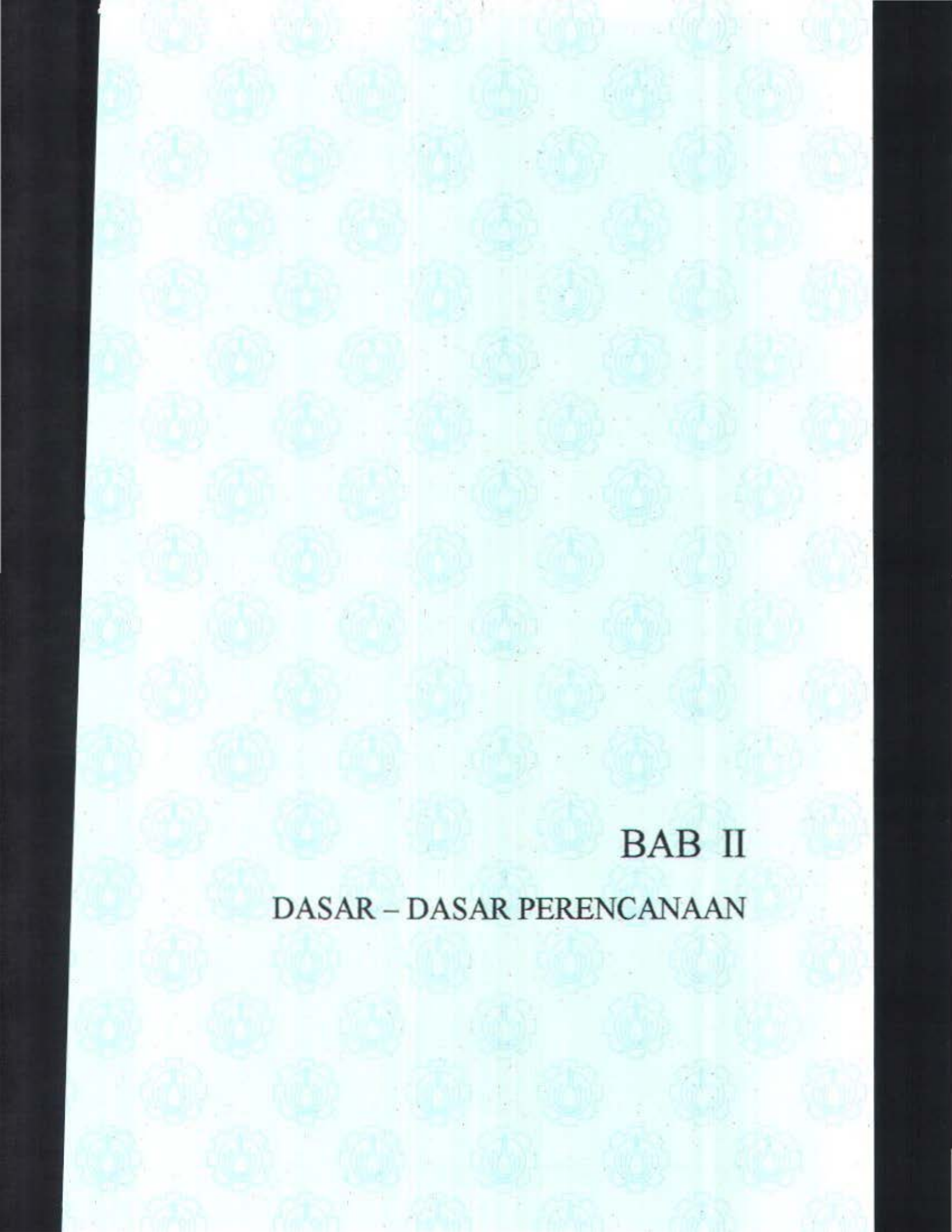
Perencanaan dengan tingkat daktilitas satu akan menjadikan struktur sepenuhnya berperilaku elastis, sehingga dimensi dari struktur relatif besar dan secara ekonomis tidaklah layak.

Pada perencanaan dengan tingkat daktilitas tiga (daktilitas penuh), faktor type struktur yang dituntut $K=1$. Untuk dapat memenuhi tuntutan daktilitas yang tinggi ini, diperlukan prosedur perencanaan yang lebih kompleks, karena harus menghitung kapasitas dari struktur tersebut (desain kapasitas). Selain itu diperlukan suatu pengaturan pemasangan tulangan (pendetailan) yang lebih rumit pada tempat yang diharapkan akan terjadi sendi plastis.

Sedangkan pada perencanaan dengan tingkat daktilitas dua (daktilitas terbatas), faktor type struktur yang dituntut $K=2$. Karena tuntutan daktilitasnya lebih rendah dari yang disyaratkan pada tingkat daktilitas penuh, maka prosedur perhitungannya juga akan menjadi lebih sederhana dari desain kapasitas dan pendetailan yang dituntut

lebih longgar. Tetapi sebagai akibatnya, beban gempa rencana harus dua kali lebih besar.

Berdasarkan pertimbangan tersebut diatas, maka dalam Tugas Akhir ini, yang berupa perencanaan gedung Kampus III Universitas Muhamadiyah Malang menggunakan metode tingkat Daktilitas II (daktilitas terbatas).



BAB II

DASAR – DASAR PERENCANAAN

BAB II

DASAR – DASAR PERENCANAAN

2.1 Data Bangunan

Detail gedung yang akan direncanakan strukturnya pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- Nama Gedung : Kampus III UNMUH Malang
- Fungsi Bangunan : Ruang Kuliah
- Lokasi : Jl. Tlogo Mas Malang
- Jumlah Lantai : 6 Lantai
- Panjang : 116 meter
- Lebar : 19 meter
- Tinggi Bangunan : 24 meter
- Tinggi Tiap Lantai : 4 meter
- Bahan Struktur : Beton Bertulang
- Mutu Bahan : - Mutu Beton, $f_c' = 30$ Mpa
- Mutu Baja, untuk $\phi \leq 12$ dipakai U₂₄
untuk $D \geq 12$ dipakai U₃₅

2.2 Pendekatan Perencanaan

Beberapa penyederhanaan struktur di dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Dalam perencanaan struktur ini hanya ditinjau dari segi teknisnya saja tanpa meninjau dari segi estetika dan ekonomisnya.
- b. Balok anak bersifat membebani struktur utama yang berupa beban terpusat.

- c. Pada perencanaan pondasi, tiang pancang yang digunakan adalah yang banyak beredar dipasaran, yaitu tiang pancang buatan PT. WIKA (WIKA PILES)

2.3 Peraturan – Peraturan yang Digunakan

Peraturan – peraturan yang digunakan sebagai acuan atau pedoman dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

- Peraturan Beton Indonesia 1971 (PBI 71).
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SKSNI-T-15-1991-03).
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPI'83).
- Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPTGIUG'83).

2.4 Pembebanan Struktur

Jenis pembebanan yang harus diperhitungkan dalam perencanaan gedung ini adalah sebagai berikut :

a) **Beban Mati (PPI `83)**

Terdiri dari beban – beban yang disebabkan oleh berat sendiri struktur yang bersifat tetap dan bagian lain yang tak terpisahkan dari gedung. Beban mati akan didapatkan setelah perhitungan struktur sekunder dihitung yaitu perhitungan plat lantai dan tangga.

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

- Berat sendiri beton bertulang = 2400 kg/m³
- Adukan spesi lantai tebal 1 cm = 21 kg/m²
- Tegel = 24 kg/m²

b) Beban Hidup (PPI '83)

Mencakup semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung termasuk barang – barang pada ruangan yang tidak permanen. Sesuai dengan tabel 3.1 PPI '83 besar beban untuk :

- Lantai 2 – 6 = 250 kg/m²
- Lantai atap = 100 kg/m²
- Tangga dan bordes = 300 kg/m²
- Koridor = 300 kg/m²

c) Beban Angin (PPI '83)

Meliputi semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Dalam perencanaan ini beban horisontal akibat tekanan angin diabaikan, karena pengaruhnya relatif kecil dibandingkan dengan beban horisontal akibat gempa.

d) Beban Gempa

Gedung akan dikenakan spektrum percepatan respon gempa rencana yang dihitung menurut diagram koefisien gempa

dasar C untuk wilayah zone gempa 4 Indonesia dengan anggapan struktur gedung berdiri diatas tanah keras.

e) Kombinasi Pembebanan

Sesuai dengan ketentuan yang tertera dalam SKSNI-1991, agar struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan dan layak untuk digunakan terhadap bermacam – macam kombinasi pembebanan, maka harus dipenuhi ketentuan faktor beban sebagai berikut :

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

$$U = 1,05 (D + L_R + K \cdot E)$$

$$U = 1,05 (D + L_R - K \cdot E)$$

$$U = 1,05 (D + L \pm \omega_d \cdot K \cdot E) \text{ (perencanaan kolom)}$$

2.5 Metode Analisa dan Perhitungan

Untuk analisa struktur pada perencanaan gedung ini ada beberapa metode yang digunakan antara lain sebagai berikut :

- Pada perhitungan gaya – gaya dalam plat lantai dan plat atap yang berbentuk persegi digunakan koefesien momen dari PBI '71 pasal 13.3 dan tabel 13.3.2 dengan memperhatikan taraf penjepitan elemen plat dan balok pendukungnya.
- Untuk mendapatkan gaya – gaya dalam dari balok anak, digunakan ikhtiar momen dan gaya lintang dari PBI '71 pasal 13.2, sedangkan penulangan dan kombinasi pembebanan berdasarkan SKSNI '91.

- Sistem tangga yang berupa anak tangga dan bordes bekerja sebagai satu kesatuan dan diasumsikan berfungsi menerima beban seperti halnya plat lantai. Anak tangga dianggap sebagai beban plat tangga dan tidak menyumbangkan kekakuan pada struktur utama. Perhitungan tebal plat tangga diambil sebagai harga tebal ekuivalen plat tangga dan anak tangga.
- Untuk analisa struktur utama digunakan analisa tiga dimensi dengan bantuan program SAP 90. Struktur utama ini dimodelkan sebagai struktur Open Frame yang tersusun dari elemen frame balok dan kolom.



BAB III
PERENCANAAN PLAT

BAB III

PERENCANAAN PLAT

3.1. Kuat Perlu

Struktur dan komponennya direncanakan sedemikian rupa sehingga semua penampang memiliki kuat rancang yang minimum sama dengan kuat perlu. Kuat perlu dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya berfaktor sesuai dengan ayat 3.2.2 SKSNI 1991.

Plat direncanakan menerima beban mati (DL), 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 ayat 3.2.2.1 SKSNI T-15-1991-03 adalah : $U = 1,2 DL + 1,6 LL$

3.2. Kuat Rencana

Kuat rencana yang tersedia pada suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain dan penampangnya, dalam kriteria lentur, beban normal, geser dan torsi harus diambil sebagai kekuatan nominal yang dihitung berdasarkan ketentuan asumsi dari tata cara ini, dikalikan dengan suatu faktor reduksi kekuatan.

Faktor reduksi kekuatan ditentukan sebagai berikut :

- Lentur, tanpa beban aksial0,80
- Aksial tarik dan aksial tekan dengan lentur0,80
- Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur :
Komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa 0,65

- Geser dan torsi0,60
- Tumpuan pada beton0,70

3.3. Kontrol Lendutan

Untuk menjadi bahwa plat mempunyai nilai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan yang terjadi dan dapat memperlemah kekuatannya. Standar beton '91 membatasi tebal plat minimum yang harus dipenuhi bila lendutan tidak dihitung.

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

3.3.1 Konstruksi Satu Arah (Non Pratekan)

Pada perencanaan plat lantai (slab) dikenal adanya sistem lantai satu arah (one way slab) dan dipakai bila rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih dari 2 (dua), maka beban yang bekerja pada plat diterima seluruhnya oleh plat (yang diidealisasikan sebagai balok) dalam arah bentang pendek. Pembebanan plat pada sistem ini sama dengan pembebanan pada plat dua arah tetapi hanya direncanakan berdasar arah bentang terpendek saja. Tulangan pada bentang panjang hanya dipasang tulangan praktis saja.

Tebal plat lantai tergantung persyaratan lendutan, lentur, dan geser. Dari ketiga persyaratan tersebut, pada umumnya persyaratan lendutan yang lebih menentukan, dan ini tergantung dari batas lendutan yang diijinkan. Persyaratan lendutan dimaksudkan untuk mencegah deformasi yang berlebihan, yang dapat

menurunkan tingkat kelayakan dari struktur. Tebal minimum plat satu arah harus ditetapkan menurut salah satu peraturan yang berlaku, dalam tabel 3.2.5a SKSNI T-15-1991 ditetapkan tebal minimum plat satu arah, kecuali perhitungan lendutan menunjukkan bahwa tebal yang lebih kecil dapat digunakan tanpa pengaruh yang merugikan.

Nilai tebal minimum plat dalam SKSNI T-15, hanya berlaku untuk unsur – unsur dimana lendutan besar tidak berkecenderungan merusak partisi, langit – langit atau konstruksi ikutan yang mudah pecah. Bila lendutan yang besar cenderung untuk menimbulkan kerusakan seperti diatas, maka lendutan harus dihitung tanpa mengindahkan apakah persyaratan tebal minimum dipenuhi atau tidak.

Bila tegangan leleh rancang f_y tarik melebihi 300 Mpa, penampang dengan momen negatif dan momen positif maksimum harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga nilai yang diberikan sesuai dengan SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.6 mengenai kontrol retak pada plat satu arah adalah :

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

Tidak melebihi 25 MN/m untuk struktur diluar ruangan dan 30 MN/m untuk di dalam ruangan.

3.3.2 Konstruksi Plat Dua Arah (Non Pratekan)

Sistem plat dua arah digunakan apabila perbandingan antara bentang panjang dan bentang pendek kurang dari 2 (dua), dimana beban pada plat lantai ini dipikul dalam dua arah oleh keempat balok di sekeliling plat. Dengan demikian permukaan yang melendut pada plat memiliki kelengkungan ganda.

3.4 Syarat – Syarat Umum Plat

Dalam merencanakan plat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan bukan hanya pembebanan saja tetapi juga ukuran dan syarat – syarat tumpuan pada tepi / tumpuan. Dalam menentukan tumpuan perletakan dan jenis penghubungnya. Bila plat ditumpu oleh tembok dan menyebabkan plat berotasi bebas pada tumpuan, maka dikatakan ditumpu bebas. Bila tumpuan dapat mencegah rotasi dan relatif kaku terhadap momen puntir, maka plat dikatakan terjepit penuh dengan kata lain plat monolit dengan balok. Sedangkan bila balok tepi tidak kuat menahan rotasi, maka plat dikatakan terjepit sebagian / jepitan elastis atau balok terjepit sebagian.

3.5 Preliminary Design Plat

Preliminary design plat dilakukan pada plat dua arah, hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan tebal plat yang ideal sehingga bahaya akibat lendutan yang melebihi dari yang diisyaratkan dapat dihindari.

Agar dalam perencanaan plat ini besar lendutan tidak perlu dikontrol, maka pada SKSNI-T-15-1991-03 mensyaratkan sebagai berikut :

$$h \geq \frac{\ln \left[0,8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36 + 5\beta \left[\alpha m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]} \dots\dots\dots (SKSNI 3.2-12)$$

$$h \geq \frac{\ln \left[0,8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36 + 9\beta} \quad \dots\dots\dots (\text{SKSNI 3.2-13})$$

$$h \leq \frac{\ln \left[0,8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36} \quad \dots\dots\dots (\text{SKSNI 3.2-14})$$

Dalam segala hal, tebal plat tidak boleh kurang dari harga berikut :

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

dimana :

l_n = bentang bersih kearah memanjang, dari muka ke muka perletakan

α_m = rasio rata - rata α dari kekakuan balok pada tepi dari plat

h = tebal plat

Untuk mendapatkan harga α_m , terlebih dahulu menghitung harga α , dimana diperoleh dari rumus :

$$\alpha_m = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{slab}}}$$

$$I_{\text{balok}} = 1/12 \cdot b_w \cdot h^3 \cdot K$$

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

$$I_{\text{slab}} = 1/12 \cdot b_s \cdot t^3$$

3.6 Preliminary Design Balok

1. Balok Induk memanjang (L=450 cm)

$$\begin{aligned}h_{\min} &= 1/16 \cdot L \cdot (0,4 + f_y/700) \\ &= 1/16 \cdot 450 \cdot (0,4 + 350/700) = 25,31 \approx 50 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$b_{\min} = 2/3 \cdot h = 2/3 \cdot 25,31 = 16,87 \approx 30 \text{ cm}$$

Ukuran balok induk memanjang lantai 2 – 6 adalah 30/50 cm

Ukuran balok induk memanjang plat atap adalah 30/50 cm

2. Balok Induk melintang (L=800 cm)

$$h_{\min} = 1/16 \cdot 800 \cdot (0,4 + 350/700) = 45 \approx 80 \text{ cm}$$

$$b_{\min} = 2/3 \cdot 45 = 29,99 \approx 40 \text{ cm}$$

Ukuran balok induk melintang lantai 2 – 6 adalah 40/80 cm

Ukuran balok induk melintang plat atap adalah 40/60 cm

3. Balok Induk melintang (L=300 cm)

$$h_{\min} = 1/16 \cdot 300 \cdot (0,4 + 350/700) = 16,88 \approx 40 \text{ cm}$$

$$b_{\min} = 2/3 \cdot 16,88 = 11,25 \approx 30 \text{ cm}$$

Ukuran balok induk melintang lantai 2 – 6 adalah 30/40 cm

Ukuran balok induk melintang plat atap adalah 30/40 cm

4. Balok anak memanjang (L=450 cm)

$$h_{\min} = 1/21 \cdot 450 \cdot (0,4 + 400/700) = 19,29 \approx 40 \text{ cm}$$

$$b_{\min} = 2/3 \cdot 19,29 = 12,86 \approx 30 \text{ cm}$$

Ukuran balok anak memanjang lantai 2 – 6 adalah 30/40 cm

Ukuran balok anak memanjang plat atap adalah 25/35 cm

5. Balok anak memanjang (L=800 cm)

$$h_{\min} = 1/21 \cdot 800 \cdot (0,4 + 400/700) = 34,29 \approx 50 \text{ cm}$$

$$b_{\min} = 2/3 \cdot 34,29 = 23 \approx 30 \text{ cm}$$

Ukuran balok anak memanjang lantai 2 – 6 adalah 30/50 cm

Ukuran balok anak memanjang plat atap adalah 30/45 cm

3.7 Langkah Perhitungan Penulangan Plat

- Menentukan tebal plat, decking, dan diameter tulangan.
- Hitung momen yang bekerja (menggunakan tabel 13.3.1 PBI'71)
- Hitung ρ_b , ρ_{\max} , ρ_{\min}

$$f_c' \leq 30 \text{ Mpa} ; \beta_1 = 0,85$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots (\text{SKSNI 3.1.4})$$

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

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

- Hitung rasio tulangan yang diperlukan (ρ)

Dimana $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$ atau $\rho_{\min} < \rho_{\text{alt}} < \rho_{\max}$

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{alt}} = 1,3 \cdot \rho_{\text{perlu}}$$

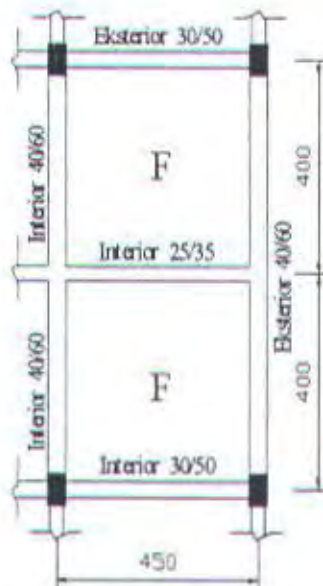
- Hitung luas tulangan yang dibutuhkan (A_s)

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

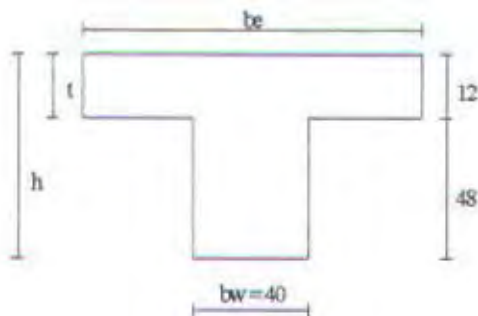
- Kontrol spasi maksimum tulangan utama (SKSNI 3.16.6.5)

- $S_{pasang} < S_{maks}$; $S_{maks} = 3 \cdot h$ atau 500 mm
- Hitung luas tulangan susut dan suhu
 - $A_s = 0,0018 \cdot 1000 \cdot h$ (SKSNI 3.16.12)
 - Kontrol spasi maksimum tulangan susut dan suhu
 - $S_{pasang} < S_{maks}$; $S_{maks} = 5 \cdot h$ atau 500 mm

3.8 Contoh Perhitungan mencari nilai α pada plat atap



- Balok Induk tengah (40/60)



$$\begin{aligned} be_1 &= bw + 2 \cdot (h - t) \\ &= 40 + 2 \cdot (60 - 12) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} be_2 &= bw + 8 \cdot t \\ &= 40 + 8 \cdot 12 \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

diambil nilai be yang terkecil (136 cm)

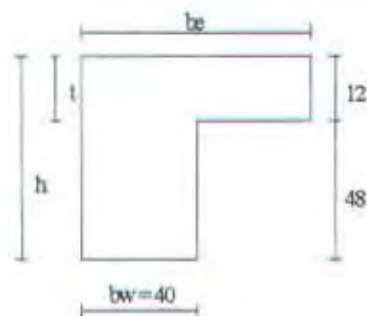
$$K = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6 \cdot \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \cdot \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)} = 1,46$$

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= 1/12 \cdot 40 \cdot 60^3 \cdot 1,46 \\ &= 1051199 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{slab}} &= 1/12 \cdot 400 \cdot 12^3 \\ &= 57599 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_1 = \frac{1051199}{57599} = 18,249$$

- Balok Induk tepi (40/60)



$$\begin{aligned} be_1 &= bw + (h - t) \\ &= 40 + (60 - 12) \\ &= 88 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} be_2 &= bw + 8 \cdot t \\ &= 40 + 4 \cdot 12 \\ &= 88 \text{ cm} \end{aligned}$$

diambil nilai be yang terkecil (88 cm)

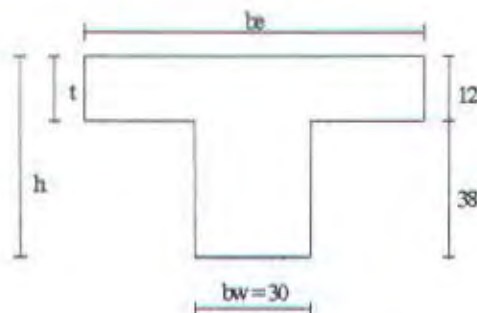
$$K = \frac{1 + \left(\frac{88}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6 \cdot \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \cdot \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{88}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{88}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)} = 1,125$$

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= 1/12 \cdot 40 \cdot 60^3 \cdot 1,125 \\ &= 810000 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{slab}} &= 1/12 \cdot 400 \cdot 12^3 \\ &= 57599 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_2 = \frac{810000}{57599} = 14,063$$

• Balok Induk tengah (30/50)



$$\begin{aligned} be_1 &= 30 + 2 \cdot (50 - 12) \\ &= 106 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} be_2 &= 30 + 8 \cdot 12 \\ &= 126 \text{ cm} \end{aligned}$$

diambil nilai be yang terkecil (106 cm)

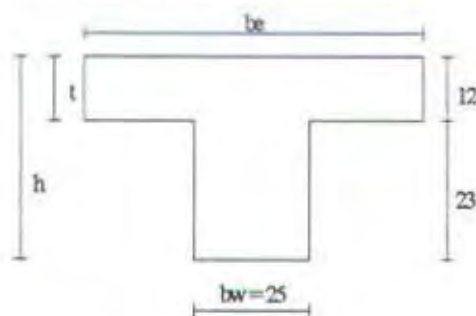
$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right) \left[4 - 6 \cdot \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \cdot \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right)} = 2,84$$

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= 1/12 \cdot 30 \cdot 50^3 \cdot 2,84 \\ &= 887523 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{siab}} &= 1/12 \cdot 450 \cdot 12^3 \\ &= 64799 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_3 = \frac{887523}{64799} = 13,696$$

- Balok anak (25/35)



$$\begin{aligned} be_1 &= 25 + 2 \cdot (35 - 12) \\ &= 71 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} be_2 &= 25 + 8 \cdot 12 \\ &= 121 \text{ cm} \end{aligned}$$

diambil nilai be yang terkecil (71 cm)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{71}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{35}\right) \left[4 - 6 \cdot \left(\frac{12}{35}\right) + 4 \cdot \left(\frac{12}{35}\right)^2 + \left(\frac{71}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{35}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{71}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{35}\right)} = 2,487$$

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= 1/12 \cdot 25 \cdot 35^3 \cdot 2,487 \\ &= 222166 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{slab}} &= 1/12 \cdot 450 \cdot 12^3 \\ &= 64799 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\alpha_4 = \frac{222166}{64799} = 3,429$$

Maka :

$$\begin{aligned} \alpha_m &= \frac{1}{4} (\alpha_{c1} + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) \\ &= \frac{1}{4} (18,249 + 14,063 + 13,696 + 3,429) \\ &= 12,359 \end{aligned}$$

3.9 Penentuan Tebal Plat

$$l_{nx} = 400 \text{ cm}$$

$$l_{ny} = 450 \text{ cm}$$

$$\beta = l_{ny}/l_{nx} = 450/400 = 1,125 < 2 \text{ (plat dua arah)}$$

$$- h \geq \frac{450 \left[0,8 + \frac{240}{1500} \right]}{36 + 5.1,125 \left[12,359 - 0,12 \left(1 + \frac{1}{1,125} \right) \right]}$$

$$h \geq 4,14 \text{ cm}$$

$$- h \geq \frac{450 \left[0,8 + \frac{240}{1500} \right]}{36 + 9.1,125}$$

$$h \geq 9,36 \text{ cm}$$

$$- h \leq \frac{450 \left[0,8 + \frac{240}{1500} \right]}{36}$$

$$h \leq 12 \text{ cm}$$

Direncanakan tebal plat lantai dan plat atap 12 cm

3.10 Perhitungan pembebanan.

> Pembebanan plat atap

Beban Mati (Wdl)

- Berat sendiri plat	(0,12 . 2400)	= 288 kg/m ²
- Berat plafon dan rangka		= 18 kg/m ²
- Adukan spesi tebal 1 cm	(1 . 21)	= 21 kg/m ²
- Aspal tebal 1 cm		= 14 kg/m ²
		<hr/>
Wdl		= 341 kg/m ²

Beban Hidup (Wll)

- Berat pekerja		= 100 kg/m ²
-----------------	--	-------------------------

$$\begin{aligned}
 W_u &= 1,2 \cdot W_{dl} + 1,6 \cdot W_{ll} \\
 &= 1,2 \cdot 341 + 1,6 \cdot 100 \\
 &= 569,2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

➤ Pembebanan plat lantai 2-6

Beban Mati (W_{dl})

- Berat sendiri plat	(0,12 · 2400)	= 288 kg/m ²
- Berat plafon dan rangka		= 18 kg/m ²
- Adukan spesi tebal 2 cm	(2 · 21)	= 42 kg/m ²
- Berat tegel keramik	(1 · 24)	= 24 kg/m ²
		W _{dl} = 372 kg/m ²

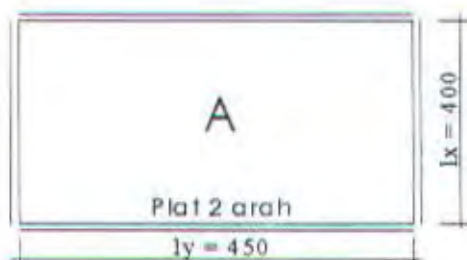
Beban Hidup (W_{ll})

- Beban hidup		= 250 kg/m ²
---------------	--	-------------------------

$$\begin{aligned}
 W_u &= 1,2 \cdot W_{dl} + 1,6 \cdot W_{ll} \\
 &= 1,2 \cdot 372 + 1,6 \cdot 250 \\
 &= 846,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

3.11 Contoh Perhitungan Penulangan Plat Atap

A. Perhitungan penulangan plat (A)



$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{450}{400} = 1,125 \leq 2$$

a). Tebal plat atap = 120 mm

b). Beban berfaktor (W_u) = 5692 N/m²

c). Perhitungan momen lentur.

Untuk perhitungan momen lentur menggunakan koefisien momen pada kasus II. (Tabel 13.3.1 PBI'71)

$$M_{lx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 5692 \cdot 4^2 \cdot 26 = 2368 \text{ Nm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_y^2 \cdot X = 0,001 \cdot 5692 \cdot 4^2 \cdot 21 = 1913 \text{ Nm}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 5692 \cdot 4^2 \cdot 60 = 5464 \text{ Nm}$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_y^2 \cdot X = 0,001 \cdot 5692 \cdot 4^2 \cdot 54 = 4918 \text{ Nm}$$

d). Perhitungan tinggi efektif tulangan (d)

$$\text{Tebal plat atap} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Penutup beton (p)} = 40 \text{ mm (SKSNI 3.16.7)}$$

Diameter tulangan utama ϕ 10 mm dalam arah (x) dan arah (y)

Tinggi efektif (d) :

$$\text{- Arah x (d}_x\text{)} = h - p - (1/2 \cdot \text{tul utama})$$

$$= 120 - 40 - (1/2 \cdot 10)$$

$$= 75 \text{ mm}$$

$$\text{- Arah y (d}_y\text{)} = h - p - (1/2 \cdot \text{tul utama d}_y\text{)} - (\text{tul utama d}_x\text{)}$$

$$= 120 - 40 - (1/2 \cdot 10) - (10)$$

$$= 65 \text{ mm}$$

e). Penulangan lapangan arah (x)

$$M_u = 2368 \text{ Nm} = 2368000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2368000}{0,8 \cdot 1000 \cdot 75^2} = 0,526$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{240}{0,85 \cdot 30} = 9,412$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{9,412} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,412 \cdot 0,526}{240}} \right) = 0,00221$$

$$\rho_{\text{ait}} = 1,3 \cdot \rho_{\text{perlu}} = 0,00288$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{240} \right) \left(\frac{600}{600 + 240} \right) = 0,0645$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0645 = 0,0484$$

$$\rho_{\text{ait}} < \rho_{\text{min}} \rightarrow \text{maka digunakan } \rho_{\text{ait}} = 0,00288$$

* Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_{s1x} &= \rho_{\text{ait}} \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,00288 \cdot 1000 \cdot 75 \\ &= 210 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\phi 10 - 175 \text{ mm}$ (449 mm^2)

* Luas tulangan susut / suhu

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

Digunakan tulangan $\phi 6 - 100 \text{ mm}$ (283 mm^2)

f). Penulangan lapangan arah (y)

$$M_u = 1913 \text{ Nm} = 1913000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1913000}{0,8 \cdot 1000 \cdot 65^2} = 0,566$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{240}{0,85 \cdot 30} = 9,412$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{9,412} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,9 \cdot 412 \cdot 0,566}{240}} \right) = 0,00239$$

$$\rho_{\text{ait}} = 1,3 \cdot 0,00239 = 0,0031$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{\text{ait}} < \rho_{\text{min}} \rightarrow \text{maka digunakan } \rho_{\text{ait}} = 0,0031$$

* Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_{sly} &= \rho_{\text{ait}} \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,0031 \cdot 1000 \cdot 65 \\ &= 202 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\phi 10 - 175 \text{ mm}$ (449 mm^2)

* Luas tulangan susut / suhu

$$A_s = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\phi 6 - 100 \text{ mm}$ (283 mm^2)

g). Penulangan tumpuan arah (x)

$$M_u = 5464 \text{ Nm} = 5464000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{5464000}{0,8 \cdot 1000 \cdot 75^2} = 1,214$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{240}{0,85 \cdot 30} = 9,412$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{9,412} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,9,412 \cdot 1,214}{240}} \right) = 0,00518$$

$$\rho_{\text{alt}} = 1,3 \cdot 0,00518 = 0,00674$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{alt}} < \rho_{\text{maks}} \rightarrow \text{maka digunakan } \rho_{\text{min}} = 0,0058$$

- * Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_{sly} &= \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,0058 \cdot 1000 \cdot 75 \\ &= 435 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\phi 10 - 175 \text{ mm}$ (449 mm^2)

- * Luas tulangan susut / suhu

$$A_s = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\phi 6 - 100 \text{ mm}$ (283 mm^2)

h). Penulangan tumpuan arah (y)

$$M_u = 4918 \text{ Nm} = 4918000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{4918000}{0,8 \cdot 1000 \cdot 65^2} = 1,455$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{240}{0,85 \cdot 30} = 9,412$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{9,412} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,9,412 \cdot 1,455}{240}} \right) = 0,00625$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \rightarrow \text{maka digunakan } \rho_{\text{perlu}} = 0,00625$$

- * Luas tulangan yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_{sly} &= \rho_{\text{all}} \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,00625 \cdot 1000 \cdot 65 \\ &= 406 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\phi 10 - 175 \text{ mm}$ (449 mm^2)

- * Luas tulangan susut / suhu

$$A_s = 0,002 \cdot 1000 \cdot 120 = 240 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\phi 6 - 100 \text{ mm}$ (283 mm^2)

- i) Kontrol spasi maksimum tulangan utama

Syarat jarak tulangan tidak boleh melebihi 3 x tebal plat atau 500 mm

$$S_{\text{maks}} = 3 \cdot 120 = 360 \text{ mm}$$

$$S_{\text{terpasang}} = 150 \text{ mm} < 360 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

- j) Kontrol spasi maksimum tulangan susut dan suhu

Syarat jarak tulangan tidak boleh melebihi 5 x tebal plat atau 500 mm

$$S_{\text{maks}} = 5 \cdot 120 = 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{terpasang}} = 100 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

k) Kontrol Retak

Pada plat dua arah dengan $f_y < 60000 \text{ psi} = 413,7 \text{ Mpa}$, maka tidak perlu ditinjau retak – retak yang terjadi (Chu Kia Wang).

Untuk perhitungan plat selanjutnya akan ditabelkan



BAB IV

PERENCANAAN BALOK ANAK
DAN TANGGA

BAB IV

PERENCANAAN BALOK ANAK DAN TANGGA

4.1 Balok Anak

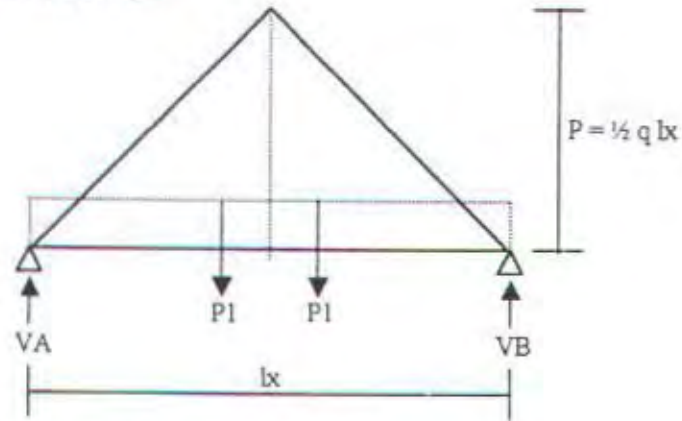
Balok anak dianggap tidak mempengaruhi struktur utama, tetapi hanya bersifat membebani struktur utama. Dengan demikian balok anak bukan elemen yang menerima gaya lateral, tetapi lebih berarti sebagai unsur yang mendukung beban gravitasi berupa berat plat dan beban gravitasi lainnya yang bekerja padanya, sehingga plat benar – benar horisontal dan kaku pada bidangnya.

Dalam persoalan ini balok anak dimodelkan sebagai balok yang terletak pada beberapa tumpuan dengan menganggap tumpuan tengah sebagai balok menerus dan tumpuan tepi sebagai sendi sedangkan gaya – gaya dalamnya dihitung dengan ikhtisar momen dan gaya lintang pada SKSNI'91.

4.2 Type – Type Pembebanan

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri balok anak tersebut dan semua beban merata pada plat (termasuk berat sendiri plat dan beban hidup di atasnya). Distribusi bebannya didasarkan pada tributary area yaitu beban plat dinyatakan dalam trapesium maupun segitiga. Beban tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekuivalen dengan menyamakan momen maksimumnya.

Beban ekivalen segitiga



$$P1 = 1/2 \cdot P \cdot 1/2 l_x = 1/4 \cdot P \cdot l_x$$

$$VA = VB = P1 = 1/4 \cdot P \cdot l_x$$

$$\begin{aligned} M_{\text{mak}} &= VA \cdot 1/2 \cdot l_x - P1 \cdot 1/3 (1/2 \cdot l_x) \\ &= 1/4 \cdot P \cdot l_x - 1/4 \cdot P \cdot l_x \cdot 1/6 \cdot l_x \\ &= 1/4 \cdot P \cdot l_x \cdot 1/3 \cdot l_x \\ &= 1/12 \cdot P \cdot l_x^2 \\ &= 1/12 \cdot 1/2 \cdot q \cdot l_x \cdot l_x^2 \\ &= 1/24 \cdot q l_x^3 \end{aligned}$$

$$M_{\text{mak eq}} = 1/8 \cdot q_{\text{eq}} \cdot l_x^2$$

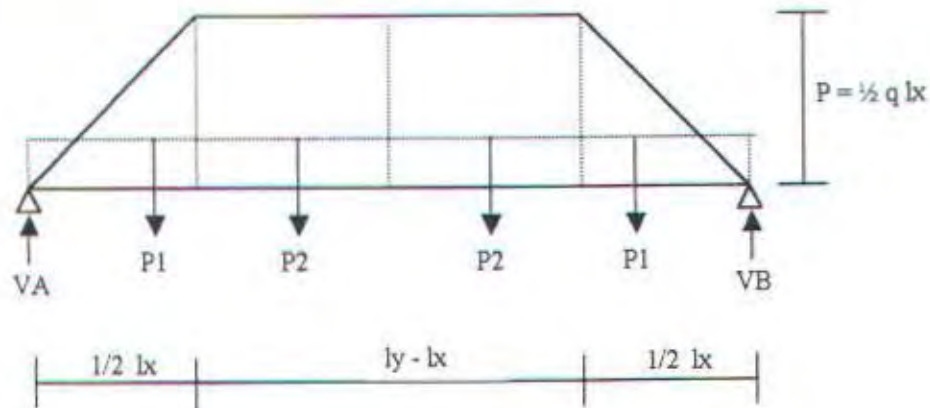
$$M_{\text{mak}} = M_{\text{mak eq}}$$

$$1/24 \cdot q \cdot l_x^3 = 1/8 \cdot q_{\text{eq}} \cdot l_x^2$$

$$q_{\text{eq}} = 8/24 \cdot q \cdot l_x$$

$$q_{\text{eq}} = 1/3 \cdot q \cdot l_x$$

Beban ekivalen trapesium



$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{1}{2} \cdot P \cdot \frac{1}{2} \cdot l_x \\
 &= \frac{1}{4} \cdot l_x \cdot P \\
 &= \frac{1}{4} \cdot l_x \cdot \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_x \\
 &= \frac{1}{8} \cdot q \cdot l_x^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{1}{2} \cdot P \cdot (l_y - l_x) \\
 &= \frac{1}{4} \cdot q \cdot l_x (l_y - l_x)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_A = V_B &= P_1 + P_2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot P \cdot l_x + \frac{1}{2} \cdot P \cdot (l_y - l_x) \\
 &= \frac{1}{4} \cdot P \cdot l_x + \frac{1}{2} \cdot P \cdot l_y - \frac{1}{2} \cdot P \cdot l_x \\
 &= \frac{1}{2} \cdot P \cdot l_y - \frac{1}{4} \cdot P \cdot l_x \\
 &= \frac{1}{2} \cdot P \cdot (l_y - \frac{1}{2} \cdot l_x)
 \end{aligned}$$

$$M_{\text{mak}} = V_A \cdot \frac{1}{2} \cdot l_y - P_1 \cdot [\frac{1}{2} (l_y - l_x) + \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot l_x] - P_2 \cdot \frac{1}{4} \cdot (l_y - l_x)$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{mak}} &= 1/2 \cdot P (ly - 1/2 \cdot lx) \cdot 1/2 \cdot ly - 1/4 \cdot P \cdot lx \left[1/2 (ly - lx) + 1/6 \cdot lx \right] - \\
 &\quad 1/2 \cdot (ly - lx) \cdot 1/4 \cdot (ly - lx) \\
 &= 1/4 \cdot P \cdot ly (ly - 1/2 \cdot lx) - 1/4 \cdot P \cdot lx (1/2 \cdot ly - 1/3 \cdot lx) - \\
 &\quad P \cdot 1/8 \cdot (ly - lx)^2
 \end{aligned}$$

$$M_{\text{mak eq}} = 1/8 \cdot q_{\text{eq}} \cdot ly^2$$

$$M_{\text{mak eq}} = M_{\text{mak}}$$

$$\begin{aligned}
 1/8 \cdot q_{\text{eq}} \cdot ly^2 &= 1/4 \cdot P \cdot ly^2 - 1/8 \cdot lx \cdot ly \cdot P - 1/8 \cdot lx \cdot ly \cdot P + \\
 &\quad 1/12 \cdot P \cdot lx^2 - 1/8 \cdot P \cdot ly^2 + 1/4 \cdot P \cdot lx \cdot ly - 1/8 \cdot P \cdot lx^2
 \end{aligned}$$

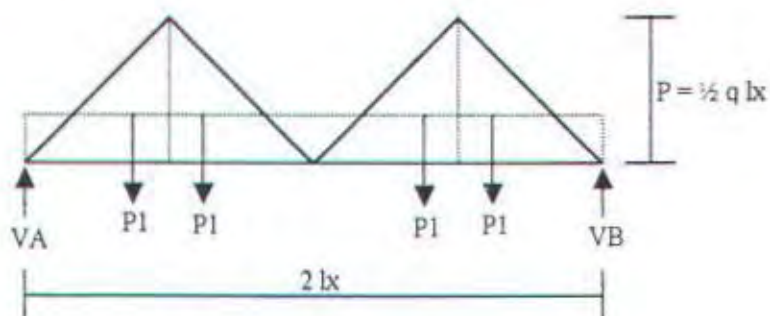
$$1/8 \cdot q_{\text{eq}} \cdot ly^2 = 1/8 \cdot P \cdot ly^2 - 1/24 \cdot P \cdot lx^2$$

$$q_{\text{eq}} = \frac{P \cdot ly^2 - 1/3 \cdot P \cdot lx^2}{ly^2}$$

$$= P \cdot \left(1 - 1/3 \cdot \frac{lx^2}{ly^2} \right)$$

$$q_{\text{eq}} = 1/2 \cdot q \cdot lx \left(1 - 1/3 \cdot \left[\frac{lx}{ly} \right]^2 \right)$$

Beban ekuivalen dua segitiga



$$\begin{aligned}
 P1 &= P \cdot 1/2 \cdot lx \cdot 1/2 \\
 &= 1/4 \cdot P \cdot lx
 \end{aligned}$$

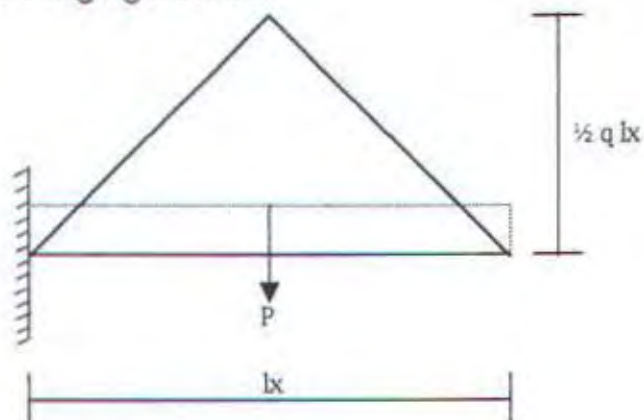
$$\begin{aligned} V_A = V_B &= 2 \cdot P_1 \\ &= 1/2 \cdot P \cdot lx \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{mak eq}} &= 1/8 \cdot q_{\text{eq}} \cdot (2 lx)^2 \\ &= 1/2 \cdot q_{\text{eq}} \cdot lx^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{mak}} &= V_A \cdot lx - P_1 (1/2 \cdot lx + 1/3 \cdot 1/2 \cdot lx) - P_1 \cdot 2/3 \cdot 1/2 lx \\ &= 1/2 \cdot P \cdot lx^2 - 1/4 \cdot P \cdot lx (2/3 lx) - 1/4 \cdot P \cdot lx \cdot 1/3 \cdot lx \\ &= 1/2 \cdot P \cdot lx^2 - 1/6 \cdot P \cdot lx^2 - 1/12 \cdot P \cdot lx^2 \\ &= 1/4 \cdot P \cdot lx^2 \\ &= 1/4 \cdot 1/2 \cdot q \cdot lx \cdot lx^2 \\ &= 1/8 \cdot q \cdot lx^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{mak}} &= M_{\text{mak eq}} \\ 1/8 \cdot q \cdot lx^3 &= 1/2 \cdot q_{\text{eq}} \cdot lx^2 \\ \mathbf{q_{\text{eq}} = 1/4 \cdot q \cdot lx} \end{aligned}$$

Beban ekivalen segitiga konsol



$$P = 1/2 \cdot lx \cdot 1/2 \cdot q \cdot lx$$

$$P = 1/4 \cdot q \cdot lx^2$$

$$\begin{aligned}M_{\text{mak}} &= P \cdot 1/2 \cdot lx \\ &= 1/4 \cdot q \cdot lx^2 \cdot 1/2 \cdot lx \\ &= 1/8 \cdot q \cdot lx^3\end{aligned}$$

$$M_{\text{mak eq}} = 1/2 \cdot q_{\text{eq}} \cdot lx^2$$

$$\begin{aligned}M_{\text{mak}} &= M_{\text{mak eq}} \\ 1/8 \cdot q \cdot lx &= 1/2 \cdot q_{\text{eq}} \cdot lx^2 \\ \mathbf{q_{\text{eq}} = 1/4 \cdot q \cdot lx}\end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Momen dan Gaya Lintang

Perhitungan momen dan gaya lintang yang terjadi dihitung berdasarkan koefesien momen dan gaya lintang yang ditetapkan dalam PBI'71 atau SKSNI'91 pasal 3.1.3.3 yang menyebutkan bahwa cara pendekatan untuk menentukan momen dan geser boleh digunakan untuk merencanakan balok menerus dan plat satu arah, asalkan ketentuan berikut dipenuhi :

- Minimum harus ada dua bentang
- Panjang bentang kurang leblh sama, dengan ketentuan bahwa bentang yang lebih besar dari dua bentang yang bersebelahan perbedaannya tidak melebihi 20 % dari bentang yang pendek
- Beban yang bekerja merupakan beban merata
- Beban hidup perunit tidak melebihi beban mati perunit
- Komponen strukturnya prismatic

4.4 Penulangan Geser dan Torsi

4.4.1 Sumbangan Kekuatan Geser Beton (V_c)

Untuk struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur saja :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad \dots\dots\dots (\text{SKSNI 3.4.3-1.1})$$

Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial :

$$V_c = 2 \left[1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right] \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad \dots\dots\dots (\text{SKSNI 3.4.3-1.2})$$

Untuk komponen struktur yang dibebani gaya tarik aksial yang cukup besar tulangan geser harus direncanakan untuk memikul geser total yang terjadi

4.4.2 Kriteria Desain Geser dan Lentur

Kategori desain kekuatan geser dan lentur saja menurut SKSNI'91 adalah sebagai berikut :

- Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, maka tulangan geser tidak diperlukan dan hanya dipasang praktis.
- Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$, maka hanya dipasang tulangan geser minimum saja.

$$A_v = \frac{b_w \cdot s}{3 f_y} \quad \dots\dots\dots (\text{SKSNI 3.4.5-5.3})$$

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

$$A_v = \frac{(V_u - \phi V_c) s}{\phi f_y d} \quad \dots\dots\dots (\text{SKSNI 3.4.5-6.2})$$

4.4.3 Tulangan Torsi Minimum

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

1. Tulangan Melintang

$$A_v + 2 A_t = \frac{b_w \cdot s}{3 f_y} \quad \dots\dots\dots (\text{SKSNI 3.4.5-5.5})$$

A_v harus dianggap sama dengan 0 (nol) karena tulangan geser dihitung secara tersendiri, sehingga rumus diatas menjadi :

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

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)

2. Tulangan Memanjang (Longitudinal)

$$A_l = 2 \frac{A_t}{s} (x_1 + y_1) \quad \dots\dots\dots (\text{SKSNI 3.4-24})$$

dengan mensubtitusikan $2 A_t = \frac{b_w \cdot s}{3 f_y}$ kedalam persamaan diatas

maka didapat :

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

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.

4.5 Contoh Perhitungan Balok Anak

Sebagai contoh perhitungan tulangan lentur balok anak, diambil balok anak pada plat atap (B1)

Data perencanaan balok

- Tinggi balok (h) = 35 cm
- Lebar balok (b) = 25 cm
- Bentang (L) = 450 cm
- Decking = 4 cm
- Sengkang = ϕ 10 mm
- Tulangan Utama = D 16
- Mutu Beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 350 Mpa

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{350} = 0,004$$

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

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{350} \right) \left(\frac{600}{600 + 350} \right) = 0,0391$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0391 = 0,0293$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{350}{0,85 \cdot 30} = 13,725$$

4.5.1 Perhitungan Pembebanan

Beban Mati (Wdl)

- Beban ekuivalen trapesium

$$= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot W_{dl} \cdot l_x \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{l_x}{l_y} \right)^2 \right]$$

$$= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 341 \cdot 4 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{4}{4,5} \right)^2 \right]$$

$$= 1005 \text{ kg/m}$$

- Berat sendiri balok

$$= b \cdot h \cdot \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 0,25 \cdot 0,35 \cdot 2400$$

$$= 210 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (Wll)

- Beban ekuivalen trapesium

$$= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 4 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{4}{4,5} \right)^2 \right]$$

$$= 294 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor (Wu)

$$W_u = 1,2 W_{dl} + 1,6 W_{ll}$$

$$= 1,2 \cdot (1005 + 210) + 1,6 \cdot 294$$

$$= 1929 \text{ kg/m}$$

$$= 19290 \text{ N/m}$$

Perhitungan Momen dan Gaya Lintang Ultimate

Dari analisa struktur SAP 90 di dapat nilai :

Momen :

$$M_{\text{tump.}} = 3255 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lap.}} = 1628 \text{ kgm}$$

Gaya geser / lintang :

$$V = 4340,3 \text{ kg}$$

4.5.2 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

- Tulangan Tumpuan

$$M_u = 32550 \text{ Nm} = 32550000 \text{ Nmm}$$

$$d = 350 - 40 - 10 - 19/2 = 292 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{32550000}{0,8 \cdot 250 \cdot 292^2} = 1,909$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,725} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,725 \cdot 1,909}{350}} \right) = 0,00567$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,004$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,0293$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \rightarrow \text{digunakan } \rho_{\text{perlu}} = 0,00567$$

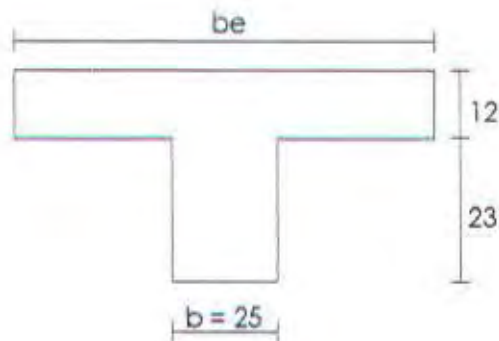
$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,00567 \cdot 250 \cdot 292 \\ &= 414 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 3 D 16 (603 mm²)

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 50\% \cdot A_s \\
 &= 0,5 \cdot 414 \\
 &= 207 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2 D 16 (402 mm^2)

- Tulangan lapangan



$$\begin{aligned}
 b_e &= 1/4 \text{ bentang balok} \\
 &= 1/4 \cdot 450 = 113 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_e &= b_w + 16 t \\
 &= 25 + 16 \cdot 12 = 217 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_e &= \text{jarak balok yang bersebelahan} \\
 &= 400 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Diambil b_e yang terkecil (113 cm)

$$M_u = 16280 \text{ Nm} = 16280000 \text{ Nmm}$$

$$d = 350 - 40 - 10 - 16/2 = 292 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{16280000}{0,8 \cdot 1130 \cdot 292^2} = 0,211$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,725} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,725 \cdot 0,211}{350}} \right) = 0,00061$$

$$\rho_{\text{ait}} = 1,3 \cdot 0,00061 = 0,000788$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,004$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,0293$$

$$\rho_{\text{ait}} < \rho_{\text{min}} \rightarrow \text{digunakan } \rho_{\text{ait}} = 0,000788$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\rho_{\text{ait}} \cdot d \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{0,000788 \cdot 292 \cdot 350}{0,85 \cdot 30} \end{aligned}$$

$$= 3,16 \text{ mm} < t = 120 \text{ mm} \rightarrow \text{Balok T Palsu}$$

Berarti penulangan seperti balok persegi hanya mengganti nilai b menjadi be

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{ait}} \cdot b_e \cdot d \\ &= 0,000788 \cdot 1130 \cdot 292 \\ &= 260 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2 D 16 (402 mm²)

$$\begin{aligned} A_s' &= 50\% \cdot A_s \\ &= 0,5 \cdot 260 \\ &= 130 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2 D 16 (402 mm²)

Kontrol Momen Ultimate :

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c' \cdot b_e \cdot a$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_e} \\
 &= \frac{402.350}{0,85 \cdot 30 \cdot 1130} = 4,88 \text{ mm} \\
 &= 4,88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= 0,8 \cdot A_s \cdot f_y (d - a/2) \\
 &= 0,8 \cdot 402 \cdot 350 (292 - \frac{4,88}{2}) \\
 &= 32689675 \text{ Nmm} > M_u = 27902000 \text{ Nmm (OK)}
 \end{aligned}$$

4.5.3 Penulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= 43403 \text{ N} \\
 d &= 292
 \end{aligned}$$

Sumbangan kekuatan geser beton (V_c)

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 292 \\
 &= 66640 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_n = \frac{V_u}{0,6} = \frac{43403}{0,6} = 72338 \text{ N}$$

$V_n > V_c \rightarrow$ Diperlukan tulangan geser

Digunakan sengkang ϕ 10 dua kaki ($A_v = 157 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_n - V_c} = \frac{157 \cdot 240 \cdot 292}{72338 - 66640} = 1931 \text{ mm}$$

$$\text{Bila } \rightarrow V_n - V_c \geq \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow S_{\text{maks}} = d/4$$

$$\rightarrow V_n - V_c \leq \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow S_{\text{maks}} = d/2$$

$$\frac{1}{3} \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 292 = 133280 \text{ N}$$

$$V_n - V_c = 72338 - 66640 = 5698 \text{ N}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{292}{2} = 145,25 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan geser ϕ 10 – 125 mm

4.5.4 Penulangan Torsi Minimum

$$\begin{aligned} A_{v \text{ min}} &= \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} \\ &= \frac{250 \cdot 125}{3 \cdot 240} \\ &= 43,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{v \text{ ada}} = 157 \text{ mm}^2 > A_{v \text{ min}} = 43,40 \text{ mm}^2$$

Tulangan torsi dapat diabaikan

Tulangan memanjang (longitudinal)

$$X1 = 250 - (40 \cdot 2) - 10 = 160 \text{ mm}$$

$$Y1 = 350 - (40 \cdot 2) - 10 = 260 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A1 &= \frac{b_w}{3 \cdot f_y} (x1 + y1) \\ &= \frac{250}{3 \cdot 350} (160 + 260) \\ &= 146 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$\text{Masing - masing sisi dipasang } \frac{1}{3} A_1 = \frac{1}{3} \cdot 146 = 48,67 \text{ mm}^2$$

Desain Akhir Penulangan Balok Anak

- Pada tumpuan

Tulangan atas

$$\begin{aligned} A_{s \text{ total}} &= A_{s \text{ lentur}} + A_1 \\ &= 414 + 48,67 \\ &= 462,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 3 D 16 (603 mm²)

Tulangan tengah

$$A_{s \text{ perlu}} = A_1 = 48,67 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan praktis 2 D 10 (157 mm²)

Tulangan bawah

$$\begin{aligned} A_{s \text{ total}} &= A_{s \text{ lentur}} + A_1 \\ &= 207 + 48,67 \\ &= 255,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2 D 16 (402 mm²)

- Pada lapangan

Tulangan atas

$$\begin{aligned} A_s \text{ total} &= A_s \text{ lentur} + A_1 \\ &= 130 + 48,67 \\ &= 178,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2 D 16 (402 mm²)

Tulangan tengah

$$A_s \text{ perlu} = A_1 = 48,67 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan praktis 2 D 10 (157 mm²)

Tulangan bawah

$$\begin{aligned} A_s \text{ total} &= A_s \text{ lentur} + A_1 \\ &= 260 + 48,67 \\ &= 308,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2 D 16 (402 mm²)

4.6 Kontrol Lendutan

Dalam peraturan SKSNI'91 pasal 3.2.5 (a) memberikan batasan - batasan tebal minimum dengan berbagai kondisi perletakan, dimana bila tebal balok lebih besar dari pada tebal minimum seperti yang disyaratkan tersebut, maka lendutan tidak perlu dihitung.

Syarat tebal minimum untuk balok atau plat satu arah menurut SKSNI'91 adalah sebagai berikut :

a) Balok diatas dua tumpuan

$$h_{\min} = \frac{Lu}{16} \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) \quad fy \text{ dalam Mpa}$$

b) Balok dengan satu ujung menerus

$$h_{\min} = \frac{Lu}{18,5} \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) \quad fy \text{ dalam Mpa}$$

c) Balok dengan ujung menerus dikedua tepinya

$$h_{\min} = \frac{Lu}{21} \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) \quad fy \text{ dalam Mpa}$$

Dari preliminary desain untuk balok anak tinggi balok anak melebihi dari h_{\min} yang tertera seperti diatas, sehingga praktis lendutan tidak perlu dihitung.

4.7 Kontrol Retak

$$Z = fs \cdot \sqrt[3]{dc \cdot A}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} fs &= 0,6 \cdot fy \\ &= 0,6 \cdot 350 \\ &= 210 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$dc = 40 + 10 + 16/2 = 58 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A &= 2 \cdot dc \cdot (bw / \text{jumlah tulangan}) \\ &= 2 \cdot 58 \cdot (250/3) \\ &= 9667 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= 210\sqrt{58.9667} \\ &= 17316 \text{ N/mm} \\ &= 17,316 \text{ MN/m} < 25 \text{ MN/m (Diluar ruangan)} \end{aligned}$$

4.8 Panjang Penyaluran

a. Panjang penyaluran tulangan tarik

Panjang penyaluran tulangan tarik untuk tulangan deform D 16 adalah sebagai berikut : (SKSNI 3.5.2.2)

$$\begin{aligned} L_{db} &= 1,4 \cdot 0,02 \cdot A_b \cdot \frac{f_y}{\sqrt{f_c'}} \\ &= 1,4 \cdot 0,02 \cdot 201 \cdot \frac{350}{\sqrt{30}} \\ &= 360 \text{ mm} \end{aligned}$$

tidak boleh kurang dari

$$\begin{aligned} L_{db} &= 0,06 \cdot d_b \cdot f_y \\ &= 0,06 \cdot 16 \cdot 350 \\ &= 336 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Panjang penyaluran tulangan tekan

Panjang penyaluran tulangan D 16 adalah sebagai berikut :
(SKSNI 3.5.3.2)

$$\begin{aligned} L_{db} &= \frac{d_b \cdot f_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} \\ &= \frac{16 \cdot 350}{4 \cdot \sqrt{30}} \\ &= 256 \text{ mm} \end{aligned}$$

tidak boleh kurang dari

$$\begin{aligned}L_{db} &= 0,04 \cdot d_b \cdot f_y \\ &= 0,04 \cdot 16 \cdot 350 \\ &= 224 \text{ mm}\end{aligned}$$

c. Panjang penyaluran kait standar dalam tarik

Panjang penyaluran dasar kait standar (hook) dari tulangan D 16 adalah sebagai berikut : (SKSNI 3.5.5.2)

$$\begin{aligned}L_{hb} &= 100 \cdot \frac{d_b}{\sqrt{f_{c'}}} \\ &= 100 \cdot \frac{16}{\sqrt{30}} \\ &= 292 \text{ mm}\end{aligned}$$

Panjang penyaluran hook :

$$\begin{aligned}L_{dh} &= L_{hb} \cdot \left(\frac{f_y}{400} \right) \cdot (0,7) \\ &= 292 \cdot \left(\frac{350}{400} \right) \cdot (0,7) \\ &= 179 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}L_{dh} &= 8 \cdot d_b \\ &= 8 \cdot 16 \\ &= 128 \text{ mm}\end{aligned}$$

d. Panjang penyaluran dari tulangan momen positif

Panjang sedikit sepertiganya dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang tertumpu pada dua tumpuan dan seperempat dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang menerus harus diterima ke dalam tumpuan paling sedikit sepanjang : (SKSNI 3.5.11.1)

- 150 mm
- $d = 292 \text{ mm}$ (menentukan)
- $12 \cdot db = 12 \cdot 16 = 192 \text{ mm}$

e. Panjang penyaluran dari tulangan momen negatif

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

- $d = 292 \text{ mm}$ (menentukan)
- $12 \cdot db = 12 \cdot 16 = 192 \text{ mm}$
- $L/16 = 4500 / 16 = 281 \text{ mm}$

Selanjutnya untuk perhitungan balok anak ditabelkan

4.9 Perencanaan Tangga

Syarat perencanaan

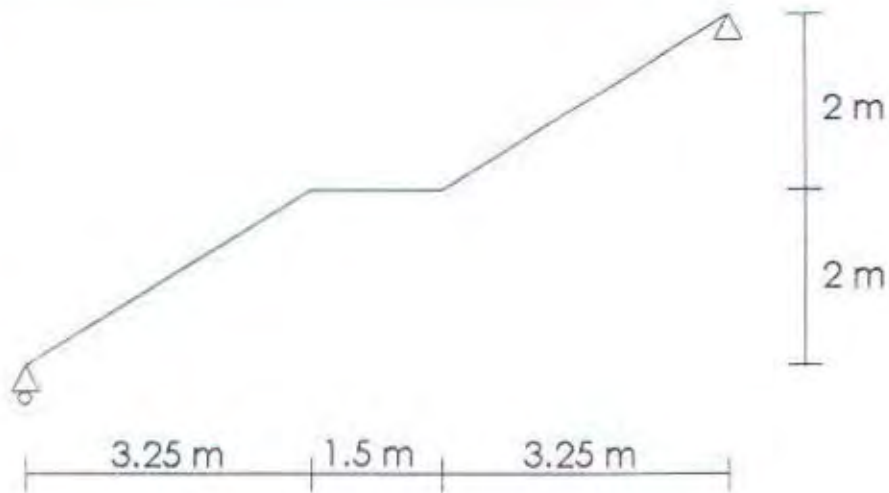
$$D + 2N = 60 - 70 \text{ cm}$$

Kemiringan tangga $20^\circ - 40^\circ$

Dimana :

$D =$ lebar injakan

$N =$ tinggi injakan



Data perencanaan

$$D = 29,5 \text{ cm}$$

$$N = 16,5 \text{ cm}$$

$$D + 2N = 29,5 + 2 \cdot 16,5 = 62,5 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah langkah naik (n)} = \frac{200}{16,5} = 12 \text{ buah}$$

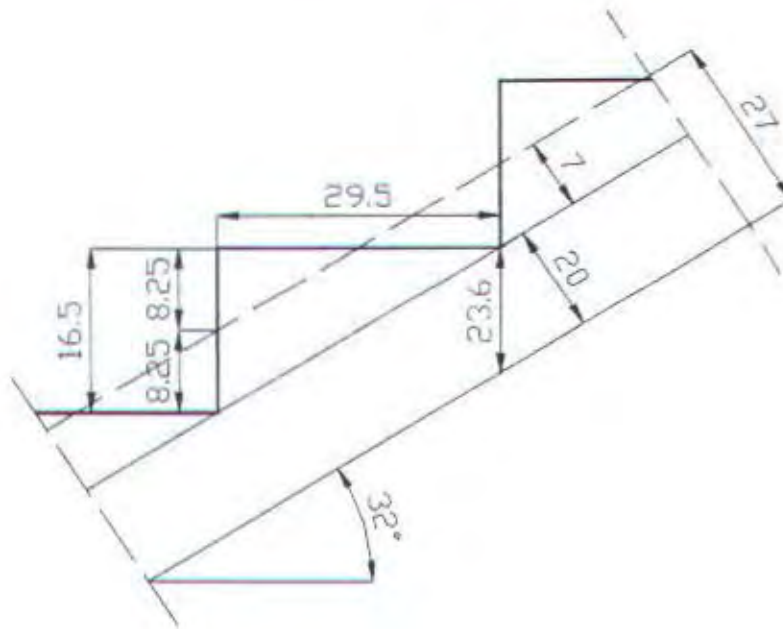
$$\text{Panjang langkah naik (n - 1) \cdot D} = (12 - 1) \cdot 29,5 = 325 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar tangga} = 150 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal plat tangga} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal plat bordes} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Sudut kemiringan tangga} = \text{arc. tg} \frac{2}{3,25} = 32'$$



Pembebanan tangga

Plat tangga

Beban Mati (W_{dl})

- plat tangga	$(0,236 + 0,0825) \cdot 2400$	= 765 kg/m ²
- spesi	$2 \cdot 21$	= 42 kg/m ²
- tegel		= 24 kg/m ²
- sandaran		= 30 kg/m ²
		<hr/>
		$W_{dl} = 861 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (W_{ll}) = 300 kg/m²

Beban berfaktor (W_u)

$$\begin{aligned}
 W_u &= 1,2 \cdot 861 + 1,6 \cdot 300 \\
 &= 1514 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Plat Bordes

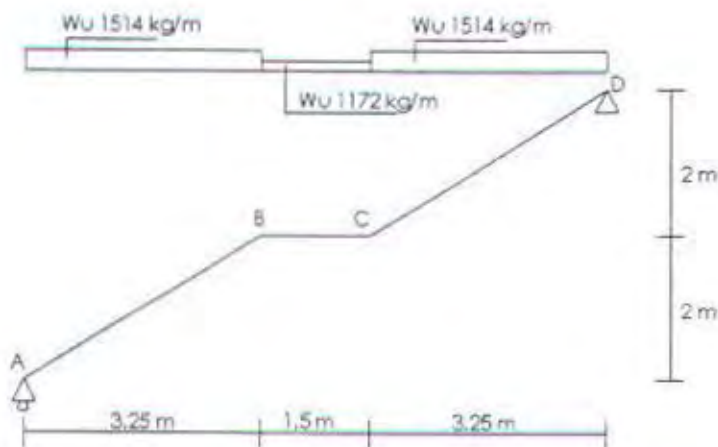
Beban Mati (Wdl)

- plat bordes	$0,2 \cdot 2400 = 480 \text{ kg/m}^2$
- spesi	$2 \cdot 21 = 42 \text{ kg/m}^2$
- tegel	$= 24 \text{ kg/m}^2$
- sandaran	$= 30 \text{ kg/m}^2$
	$Wdl = 576 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (Wll) $= 300 \text{ kg/m}^2$

Beban berfaktor (Wu)

$$\begin{aligned} W_u &= 1,2 \cdot 576 + 1,6 \cdot 300 \\ &= 1172 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Momen

$$\Sigma MA = 0$$

$$VD = \frac{(1514 \cdot 3,25 \cdot 1,625) + (1172 \cdot 1,5 \cdot 4) + (1514 \cdot 3,25 \cdot 6,375)}{8} = 5800 \text{ kg}$$

$$\Sigma MD = 0$$

$$VA = \frac{(1514 \cdot 3,25 \cdot 1,625) + (1172 \cdot 1,5 \cdot 4) + (1514 \cdot 3,25 \cdot 6,375)}{8} = 5800 \text{ kg}$$

$$MB = (5800 \cdot 3,25) - (1514 \cdot 3,25 \cdot 1,625) = 10854 \text{ kgm}$$

$$MC = (5800 \cdot 7,75) - (1514 \cdot 3,25 \cdot 3,125) = 10854 \text{ kgm}$$

$$Dx \rightarrow VA - Wu \cdot x = 0$$

$$x = \frac{VA}{Wu}$$

$$x = \frac{5800}{1514} = 3,83 \text{ m (dari A)}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= (5800 \cdot 3,83) - (1514 \cdot 3,25 \cdot 2,205) - (1172 \cdot 0,58 \cdot 0,29) \\ &= 11167 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan plat tangga

$$Mu = 111670000 \text{ Nmm}$$

$$d = 200 - 20 - 16/2 = 172 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{111670000}{0,8 \cdot 1000 \cdot 172^2} = 4,718$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,725} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,725 \cdot 4,718}{350}} \right) = 0,0153$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,004$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,0293$$

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \rightarrow$ digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0153$

Luas tulangan utama

$$\begin{aligned} A_s &= 0,0153 \cdot 1000 \cdot 172 \\ &= 2632 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 16 – 75 mm (2681 mm²)

Luas tulangan bagi

$$\begin{aligned} A_s &= 20\% \cdot A_{s \text{ tul. utama}} \\ &= 0,2 \cdot 2632 = 526,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 10 – 125 mm (628 mm²)



BAB V
PEMBEBANAN STRUKTUR UTAMA

BAB V

PEMBEBANAN STRUKTUR UTAMA

5.1 Perhitungan Pembebanan Balok Portal Sumbu K (melintang)

5.1.1 Perhitungan Pembebanan Balok Portal Atap

5.1.1.1 Beban Merata

> **Beban Mati**

a) Balok Induk Melintang (B3)

- Berat sendiri balok $(0,4 \cdot 0,6 \cdot 2400) = 576 \text{ kg/m}$

- Berat ekuivalen 2 segitiga $2 \left[\frac{1}{4} \cdot 341 \cdot 4 \right] = \underline{682 \text{ kg/m}}$

WDL = 1258 kg/m

b) Balok Induk Melintang (B5)

- Berat sendiri balok $(0,3 \cdot 0,4 \cdot 2400) = 288 \text{ kg/m}$

- Berat ekuivalen 1 segitiga $2 \left[\frac{1}{3} \cdot 341 \cdot 3 \right] = \underline{682 \text{ kg/m}}$

WDL = 970 kg/m

c) Balok Konsol (K1)

- Berat sendiri balok $(0,3 \cdot 0,4 \cdot 2400) = 288 \text{ kg/m}$

- Berat ekuivalen 1 segitiga $2 \left[\frac{1}{4} \cdot 341 \cdot 2 \right] = \underline{341 \text{ kg/m}}$

WDL = 629 kg/m

➤ **Beban Hidup**

a) Balok Induk Melintang (B3)

- Berat ekuivalen 2 segitiga

$$2 \left[\frac{1}{4} \cdot 100 \cdot 4 \right] = \underline{200 \text{ kg/m}}$$

$$WLL = 200 \text{ kg/m}$$

b) Balok Induk Melintang (B5)

- Berat ekuivalen 1 segitiga

$$2 \left[\frac{1}{3} \cdot 100 \cdot 3 \right] = \underline{200 \text{ kg/m}}$$

$$WLL = 200 \text{ kg/m}$$

c) Balok Konsol (K1)

- Berat ekuivalen 1 segitiga

$$2 \left[\frac{1}{4} \cdot 100 \cdot 2 \right] = \underline{100 \text{ kg/m}}$$

$$WLL = 100 \text{ kg/m}$$

5.1.1.2 Beban Terpusat

➤ **Beban Mati**

a) Berat ekuivalen trapesium plat atap untuk konsol (K1)

$$= \frac{1}{2} \cdot 341 \cdot 2 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2}{4,5} \right)^2 \right]$$

$$= 319 \text{ kg/m}$$

b) Berat ekuivalen trapesium plat atap untuk balok anak (B1)

$$= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 341 \cdot 4 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2}{4,5} \right)^2 \right]$$

$$= 1005 \text{ kg/m}$$

c) Beban terpusat di ujung konsol (P1)

- Balok lisplank	(0,2 . 0,3 . 2400) . 4,5 = 648 kg
- Profil lisplank	30 . 50 . 4,5 = 225 kg
- Beban plat atap	319 . 4,5 = 1436 kg
	P1DL = 3097 kg

d) Beban terpusat akibat balok anak (P2) (tengah bentang B3)

- Balok anak memanjang	(0,25 . 0,35 . 2400) . 4,5 = 945 kg
- Beban plat atap	1005 . 4,5 = 4523 kg
	P2DL = 5468 kg

➤ **Beban Hidup**

a) Berat eivalen trapesium plat atap untuk konsol (K1)

$$= \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 2 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2}{4,5} \right)^2 \right]$$

$$= 94 \text{ kg/m}$$

b) Berat eivalen trapesium plat atap untuk balok anak (B1)

$$= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 4 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2}{4,5} \right)^2 \right]$$

$$= 295 \text{ kg/m}$$

c) Beban terpusat di ujung konsol (P1)

- Beban hidup plat atap	94 . 4,5 = 423 kg
	P1LL = 423 kg

- d) Beban terpusat akibat balok anak (P2) (tengah bentang B3)
- Beban hidup plat atap $295 \cdot 4,5 = 1328 \text{ kg}$
 - $P2LL = 1328 \text{ kg}$

5.1.2 Perhitungan Pembebanan Balok Portal Melintang Lantai 2 s/d 6

5.1.2.1 Beban Merata

> Beban Mati

- a) Balok Induk Melintang (B10)
- Berat sendiri balok $(0,4 \cdot 0,8 \cdot 2400) = 768 \text{ kg/m}$
 - Berat dinding $\frac{1}{2}$ bata $250 \cdot 3 = 750 \text{ kg/m}$
 - Berat ekuivalen 2 segitiga $2 \left[\frac{1}{4} \cdot 372 \cdot 4 \right] = 744 \text{ kg/m}$
 - $WDL = 2262 \text{ kg/m}$
- b) Balok Induk Melintang (B12)
- Berat sendiri balok $(0,3 \cdot 0,4 \cdot 2400) = 288 \text{ kg/m}$
 - Berat ekuivalen 1 segitiga $2 \left[\frac{1}{3} \cdot 372 \cdot 3 \right] = 744 \text{ kg/m}$
 - $WDL = 1032 \text{ kg/m}$
- c) Balok Konsol (K2)
- Berat sendiri balok $(0,3 \cdot 0,4 \cdot 2400) = 288 \text{ kg/m}$
 - Berat ekuivalen 1 segitiga $2 \left[\frac{1}{4} \cdot 372 \cdot 1,5 \right] = 279 \text{ kg/m}$
 - $WDL = 567 \text{ kg/m}$

> **Beban Hidup**

a) Balok Induk Melintang (B10)

- Berat ekuivalen 2 segitiga

$$2 \left[\frac{1}{4} \cdot 250 \cdot 4 \right] = \underline{500 \text{ kg/m}}$$

$$WLL = 500 \text{ kg/m}$$

b) Balok Induk Melintang (B12)

- Berat ekuivalen 1 segitiga

$$2 \left[\frac{1}{3} \cdot 300 \cdot 3 \right] = \underline{600 \text{ kg/m}}$$

$$WLL = 600 \text{ kg/m}$$

c) Balok Konsol (K2)

- Berat ekuivalen 1 segitiga

$$2 \left[\frac{1}{4} \cdot 300 \cdot 1,5 \right] = \underline{225 \text{ kg/m}}$$

$$WLL = 225 \text{ kg/m}$$

5.1.2.2 Beban Terpusat

> **Beban Mati**

a) Berat ekuivalen trapesium plat lantai untuk konsol (K2)

$$= \frac{1}{2} \cdot 372 \cdot 1,5 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1,5}{4,5} \right)^2 \right]$$

$$= 269 \text{ kg/m}$$

b) Berat ekuivalen trapesium plat lantai untuk balok anak (B8)

$$= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 372 \cdot 4 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{4}{4,5} \right)^2 \right]$$

$$= 1096 \text{ kg/m}$$

c) Beban terpusat di ujung konsol (P3)

- Balok lisplank $(0,25 \cdot 0,35 \cdot 2400) \cdot 4,5 = 945 \text{ kg}$
 - Beban pagar batu bata $(250 \cdot 1,2) \cdot 4,5 = 1350 \text{ kg}$
 - Beban plat lantai $269 \cdot 4,5 = \underline{1211 \text{ kg}}$
- P3DL = 3506 kg

d) Beban terpusat akibat balok anak (P4) (tengah bentang B10)

- Balok anak memanjang $(0,3 \cdot 0,4 \cdot 2400) \cdot 4,5 = 945 \text{ kg}$
 - Beban plat lantai $1096 \cdot 4,5 = \underline{4932 \text{ kg}}$
- P4DL = 6228 kg

> Beban Hidup

a) Berat ekuivalen trapesium plat lantai untuk konsol (K2)

$$= \frac{1}{2} \cdot 300 \cdot 2 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1,5}{4,5} \right)^2 \right]$$

$$= 289 \text{ kg/m}$$

b) Berat ekuivalen trapesium plat lantai untuk balok anak (B8)

$$= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 250 \cdot 4 \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{4}{4,5} \right)^2 \right]$$

$$= 737 \text{ kg/m}$$

c) Beban terpusat di ujung konsol (P3)

- Beban hidup plat lantai $289 \cdot 4,5 = \underline{423 \text{ kg}}$
- P1LL = 423 kg

d) Beban terpusat akibat balok anak (P4) (tengah bentang B10)

$$\begin{aligned} \text{- Beban hidup plat atap} & \quad 737 \cdot 4,5 = 3317 \text{ kg} \\ & \quad \underline{P4LL = 3317 \text{ kg}} \end{aligned}$$

5.2 Perhitungan Pembebanan Balok Portal Sumbu 4 (memanjang)

5.2.1 Perhitungan Pembebanan Balok Portal Memanjang Atap

5.2.1.1 Beban Merata

> Beban Mati

a) Balok Induk Memanjang (B2)

$$\text{- Berat sendiri balok} \quad (0,3 \cdot 0,5 \cdot 2400) = 576 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat trapesium plat atap} \quad \frac{1}{2} \cdot 341 \cdot 4 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{4}{4,5} \right)^2 \right] = 502 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat trapesium plat atap} \quad \frac{1}{2} \cdot 341 \cdot 3 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{3}{4,5} \right)^2 \right] = \underline{436 \text{ kg/m}}$$

$$\text{WDL} = 1514 \text{ kg/m}$$

b) Balok Induk Memanjang (B18)

$$\text{- Berat sendiri balok} \quad (0,4 \cdot 0,8 \cdot 2400) = 768 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat trapesium plat atap} \quad \frac{1}{2} \cdot 341 \cdot 4 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{4}{8} \right)^2 \right] = 625 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat trapesium plat atap} \quad \frac{1}{2} \cdot 341 \cdot 3 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{3}{8} \right)^2 \right] = \underline{488 \text{ kg/m}}$$

$$\text{WDL} = 1881 \text{ kg/m}$$

> **Beban Hidup**

a) Balok Induk Memanjang (B2)

$$\text{- Berat trapesium plat atap } \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 4 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{4}{4,5} \right)^2 \right] = 147 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat trapesium plat atap } \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 3 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{3}{4,5} \right)^2 \right] = \underline{128 \text{ kg/m}}$$

$$\text{WLL} = 275 \text{ kg/m}$$

b) Balok Induk Memanjang (B18)

$$\text{- Berat trapesium plat atap } \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 4 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{4}{8} \right)^2 \right] = 184 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat trapesium plat atap } \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 3 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{3}{8} \right)^2 \right] = \underline{143 \text{ kg/m}}$$

$$\text{WLL} = 327 \text{ kg/m}$$

5.2.2 Pehitungan Pembebanan Balok Portal Memanjang Lantai 2 s/d 6

5.2.2.1 Beban Merata

> **Beban Mati**

a) Balok Induk Memanjang (B9)

$$\text{- Berat sendiri balok } (0,3 \cdot 0,5 \cdot 2400) = 360 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat trapesium plat lt. } \frac{1}{2} \cdot 372 \cdot 4 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{4}{4,5} \right)^2 \right] = 548 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat trapesium plat lt. } \frac{1}{2} \cdot 372 \cdot 3 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{3}{4,5} \right)^2 \right] = 475 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat dinding batu bata } 250 \cdot 3 = \underline{744 \text{ kg/m}}$$

$$\text{WDL} = 2127 \text{ kg/m}$$



b) Balok Induk Memanjang (B14)

- Berat sendiri balok $(0,4 \cdot 0,8 \cdot 2400) = 768 \text{ kg/m}$

- Berat trapesium plat lt. $\frac{1}{2} \cdot 372 \cdot 3 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{3}{4,5} \right)^2 \right] = 475 \text{ kg/m}$

- Berat tangga $= 3230 \text{ kg/m}$

WDL = 4473 kg/m

> **Beban Hidup**

a) Balok Induk Memanjang (B9)

- Berat trapesium plat lt. $\frac{1}{2} \cdot 250 \cdot 4 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{4}{4,5} \right)^2 \right] = 368 \text{ kg/m}$

- Berat trapesium plat lt. $\frac{1}{2} \cdot 300 \cdot 3 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{3}{4,5} \right)^2 \right] = 383 \text{ kg/m}$

WLL = 751 kg/m

b) Balok Induk Memanjang (B14)

- Berat trapesium plat lt. $\frac{1}{2} \cdot 300 \cdot 3 \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{3}{4,5} \right)^2 \right] = 383 \text{ kg/m}$

- Berat beban hidup tangga $= 300 \text{ kg/m}$

WLL = 683 kg/m

5.3 Perhitungan Pembebanan Untuk Gempa Sumbu K**5.3.1 Berat Bangunan Total Plat Atap**> **Beban Mati**

- Berat plat atap $341 \cdot 23 \cdot 4,5 = 35294 \text{ kg}$

- Balok lisplank $(0,2 \cdot 0,3) \cdot 2400 \cdot 2 \cdot 4,5 = 1296 \text{ kg}$

- Profil lisplank $50 \cdot 2 \cdot 4,5 = 450 \text{ kg}$

- Balok konsol	$(0,3 \cdot 0,4) \cdot 2400 \cdot 2 \cdot 2 =$	1152 kg
- Balok anak	$(0,25 \cdot 0,35) \cdot 2400 \cdot 2 \cdot 4,5 =$	1890 kg
- Balok induk memanjang	$(0,3 \cdot 0,5) \cdot 2400 \cdot 4 \cdot 4,5 =$	6480 kg
- Balok induk melintang	$(0,4 \cdot 0,6) \cdot 2400 \cdot 8 \cdot 2 =$	9216 kg
- Balok induk melintang	$(0,3 \cdot 0,4) \cdot 2400 \cdot 3 =$	864 kg
- Berat dinding	$250 \cdot 1,5 \cdot 34 =$	12750 kg
- Berat kolom	$(0,6 \cdot 0,6) \cdot 2400 \cdot 2 \cdot 4 =$	6912 kg
	WDL =	<u>76304 kg</u>

> **Beban Hidup**

- Beban hidup plat atap	$100 \cdot 23 \cdot 4,5 \cdot 0,5 =$	<u>5175 kg</u>
	WLL =	5175 kg

$$W \text{ total} = 76304 + 5175$$

$$= 81479 \text{ kg}$$

5.3.2 Berat bangunan Total Lantai 2 s/d 6

> **Beban Mati**

- Berat plat lantai	$372 \cdot 22 \cdot 4,5 =$	36828 kg
- Balok lisplank	$(0,25 \cdot 0,35) \cdot 2400 \cdot 2 \cdot 4,5 =$	1890 kg
- Balok konsol	$(0,3 \cdot 0,4) \cdot 2400 \cdot 1,5 \cdot 2 =$	864 kg
- Balok anak	$(0,3 \cdot 0,4) \cdot 2400 \cdot 2 \cdot 4,5 =$	2592 kg
- Balok induk memanjang	$(0,3 \cdot 0,5) \cdot 2400 \cdot 4 \cdot 4,5 =$	6480 kg
- Balok induk melintang	$(0,4 \cdot 0,8) \cdot 2400 \cdot 8 \cdot 2 =$	12288 kg
- Balok induk melintang	$(0,3 \cdot 0,4) \cdot 2400 \cdot 3 =$	864 kg
- Berat dinding	$250 \cdot 3 \cdot 34 =$	25500 kg
- Berat pagar	$250 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 4,5 =$	2700 kg
- Berat kolom	$(0,6 \cdot 0,6) \cdot 2400 \cdot 4 \cdot 4 =$	<u>13824 kg</u>
	WDL =	103830 kg

> **Beban Hidup**

- Beban hidup plat lantai $250 \cdot 16 \cdot 0,5 \cdot 4,5 = 9000 \text{ kg}$

- Beban hidup plat lantai $300 \cdot 6 \cdot 0,5 \cdot 4,5 = 4050 \text{ kg}$

WLL = 13050 kg

W total = 103830 + 13050

= 116880 kg

> Total beban pada portal sumbu K

= 81479 + 116880 . 5

= 665879 kg

5.4 Perhitungan Gaya Horizontal Akibat Gempa

- > Perhitungan waktu getar alami menurut PPKGUG '87 dimana untuk portal beton berlaku

$$T = 0,06 \cdot H^{3/4}$$

$$= 0,06 \cdot 25^{3/4}$$

$$= 0,670$$

- > Penentuan koefisien dasar gempa (C) berdasarkan PPKGUG '87 zone gempa 4 dengan T = 0,670 didapat harga C berdasarkan gambar 2.3 sebesar C = 0,028

- > Perhitungan beban geser dasar gempa (V)

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_f$$

$$= 0,028 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 665879$$

$$= 55934 \text{ kg}$$

- Perhitungan pembagian beban geser dasar akibat gempa sepanjang tinggi gedung.

$$F1 = \frac{116880.5}{(81479.25) + (116880.21) + (116880.17) + (116880.13) + (116880.9) + (116880.5)} \cdot 55934$$

$$F1 = \frac{584400}{9634175} \cdot 55934 = 3393 \text{ kg}$$

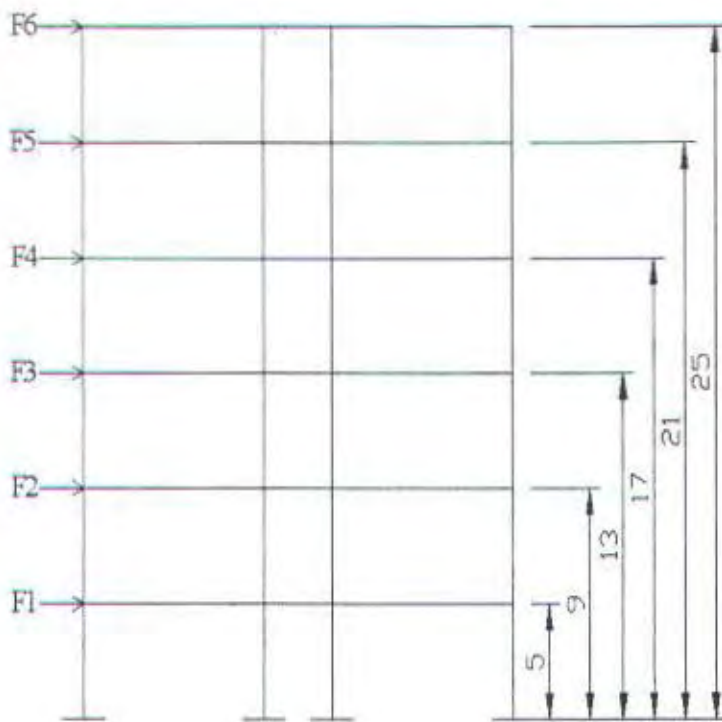
$$F2 = \frac{116880.9}{9634175} \cdot 55934 = 6107 \text{ kg}$$

$$F3 = \frac{116880.13}{9634175} \cdot 55934 = 8822 \text{ kg}$$

$$F4 = \frac{116880.17}{9634175} \cdot 55934 = 11536 \text{ kg}$$

$$F5 = \frac{116880.21}{9634175} \cdot 55934 = 14250 \text{ kg}$$

$$F6 = \frac{81479.25}{9634175} \cdot 55934 = 11826 \text{ kg}$$





BAB VI
PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA

BAB VI

PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA

6.1 Perhitungan Penulangan Balok Utama

6.1.1 Perhitungan Tulangan Lentur Balok

Sebagai contoh perhitungan diambil balok induk plat atap (B16) (40/60) dari analisa struktur SAP 90 diperoleh gaya - gaya yang bekerja pada balok sebagai berikut :

Momen :

- Tumpuan = 14,49 tm
- Lapangan = 8,51 tm

Geser :

$$V = 7,49 \text{ t}$$

Data perencanaan

- Selimut beton = 40 mm
- Diameter sengkang = ϕ 12 mm
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 350 Mpa

a) Penulangan Tumpuan

$$M_u = 144900000 \text{ Nmm}$$

Digunakan $\delta = 0,5$

$$d = 600 - 40 - 12 - 22/2 = 537 \text{ mm}$$

$$d' = 600 - 537 = 63 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = 0.004$$

$$\rho_{\max} = 0.0293$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{(1 - \delta) \cdot M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{(1 - 0,5) \cdot 144900000}{0,8 \cdot 400 \cdot 537^2} \\ &= 0,785 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\delta} &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{350} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,785}{0,85 \cdot 30}} \right) \\ &= 0,00228 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{\delta \cdot M_u}{\phi \cdot f_y \cdot (d - d') \cdot b \cdot d} \\ &= \frac{0,5 \cdot 144900000}{0,8 \cdot 350 \cdot (537 - 63) \cdot 400 \cdot 537} \\ &= 0,00254 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\delta} + \rho'$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00228 + 0,00254 = 0,00482$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \rightarrow \rho_{\text{perlu}} = 0,00482$$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,00482 \cdot 400 \cdot 537 = 1035 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 3 D 22 (1140 mm²)

$$A_s = \rho' \cdot b \cdot d = 0,00254 \cdot 400 \cdot 537 = 546 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 D 22 (760 mm²)

Kontrol Momen Ultimate

$$a = \frac{(1140 - 760) \cdot 350}{0,85 \cdot 30 \cdot 400} = 13,04 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,8[(1140 - 760) \cdot 350 (537 - 0,5 \cdot 13,04) + 760 \cdot 350 \cdot (537 - 63)] \\ &= 157310272 \text{ Nmm} > M_u = 144900000 \text{ Nmm (OK)} \end{aligned}$$

b) Penulangan Lapangan

Cek kondisi penampang balok

$$- b_e \leq 1/4 \cdot L$$

$$\leq 1/4 \cdot 800 = 200 \text{ cm}$$

$$- b_e \leq b_w + 16 \cdot t$$

$$\leq 400 + 16 \cdot 12 = 232 \text{ cm}$$

$$- b_e \leq \text{jarak antar balok disebelahnya}$$

$$\leq 225 \text{ cm}$$

dipilih b_e yang terkecil (200 cm)

$$M_u = 85100000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{85100000}{0,8 \cdot 2000 \cdot 537^2} = 0,184$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot 30}{350} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,184}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,00053$$

$$\rho_{\text{ait}} = 1,3 \cdot 0,00053 = 0,000687$$

$$a = \frac{\rho_{\text{ait}} \cdot d \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{0,000687 \cdot 537 \cdot 350}{0,85 \cdot 30} = 5,07 \text{ mm}$$

$a < t = 120 \text{ mm} \rightarrow$ Balok T palsu

Berarti penulangan seperti balok persegi hanya mengganti nilai b menjadi b_e

$$R_n = \frac{(1-0,5) \cdot 85100000}{0,8 \cdot 2000 \cdot 537^2} = 0,092$$

$$\rho_s = \frac{0,85 \cdot 30}{350} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,092}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,000264$$

$$\rho' = \frac{0,5 \cdot 85100000}{0,8 \cdot 350 \cdot (537 - 63) \cdot 2000 \cdot 537} = 0,000298$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_s + \rho' = 0,000264 + 0,000298 = 0,000562$$

$$\rho_{\text{ait}} = 1,3 \cdot 0,000562 = 0,000731$$

$$A_s = 0,000731 \cdot 2000 \cdot 537 = 785 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 3 D 22 (1140 mm²)

$$A_s' = 0,000298 \cdot 2000 \cdot 537 = 320 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 D 22 (760 mm²)

Kontrol Momen Ultimate

$$a = \frac{(1140 - 760) \cdot 350}{0,85 \cdot 30 \cdot 400} = 13,04 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,8[(1140 - 760) \cdot 350 (537 - 0,5 \cdot 13,04) + 760 \cdot 350 \cdot (537 - 63)] \\ &= 157310272 \text{ Nmm} > M_u = 85100000 \text{ Nmm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

6.1.2 Perhitungan Geser dan Torsi Balok

Pada perencanaan struktur dengan daktilitas 2, harus diperhatikan daerah ujung yang memiliki potensi menjadi sendi plastis. SKSNI`91 (3.14.9.3) mencantumkan batasan sebagai berikut :

- a) Sengkang tertutup harus dipasang pada daerah sepanjang tinggi komponen struktur diukur dari muka komponen struktur pendukung ke arah tengah bentang pada kedua ujung dari komponen lentur.
- b) Sengkang tertutup yang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm diukur dari sisi muka komponen struktur pendukung. Spasi maksimum sengkang tersebut tidak boleh lebih dari $d/4$, sepuluh kali diameter tulangan longitudinal terkecil, 24 kali diameter batang sengkang, 30 mm atau $3 \cdot f_y \cdot A_s/bw$, dimana A_s adalah luas satu kaki tulangan transversal dalam mm^2 .
- c) Di daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang harus dipasang dengan spasi tidak boleh lebih dari $d/2$ pada seluruh panjang komponen struktur tersebut.

Kuat geser rancang balok harus memenuhi syarat : (SKSNI 3.4.1 & 3.4.2)

$$V_u \leq \phi (V_c + V_s)$$

Dimana :

V_c = Kuat geser beton (untuk daerah sendi plastis 0 s/d 2h, $V_c=0$)

V_s = Kuat geser tulangan geser

ϕ = Faktor reduksi kekuatan untuk geser balok (0,6)

Kekuatan pikul beton terhadap geser : (SKSNI 3.4.5)

- Untuk daktilitas terbatas V_c diperhitungkan setengahnya ($0,5 V_c$)
- Untuk daktilitas penuh V_c tidak diperhitungkan ($V_c = 0$)

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d}{\sqrt{1 + \left(2,5 \cdot C_t \left(\frac{T_u}{V_u} \right)^2 \right)}} \cdot 0,5$$

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

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

Tulangan Torsi dapat dabaikan apabila $T_u < T_{u \text{ min}}$

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

Kekuatan pikul beton terhadap torsi : (SKSNI 3.4-22)

$$T_c = \frac{\frac{1}{15} \sqrt{f_c'} \cdot \sum x^2 \cdot y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,4 \cdot V_u}{C_t \cdot T_u} \right)}}$$

Bila $\phi T_c < T_u$, maka diperlukan tulangan torsi sebesar : (SKSNI 3.4-23)

$$\frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} \geq \frac{b_w}{3 f_y}$$

Untuk tulangan torsi memanjang, dipilih yang terbesar antara :

$$A_l = \frac{2 A_t}{s} (X_1 + Y_1)$$

$$A2 = \left[\frac{2,8 \cdot X \cdot S}{f_y} \left(\frac{T_u}{T_u + \frac{V_u}{3 \cdot C_t}} \right) - 2 A_t \right] \cdot \left(\frac{X1 + Y1}{S} \right)$$

> Contoh Perhitungan Penulangan Geser dan Torsi Pada Balok Tepi (B16)

$$T_u = 37741000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 74900 \text{ N (analisa SAP 90)}$$

$$V_{u \text{ pakai}} = 74900 \cdot \frac{(0,5 \cdot 7600) - 537}{(0,5 \cdot 7600)} = 64315 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \sum x^2 y &= (b w^2 \cdot h) + (t^2 \cdot 3t) \\ &= (400^2 \cdot 600) + (120^2 \cdot 3 \cdot 120) \\ &= 101184000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{u \text{ min}} &= 0,6 \cdot \frac{1}{20} \sqrt{30} \cdot 101184000 \\ &= 16626228 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$T_{u \text{ min}} < T_u \rightarrow$ Torsi diperhitungkan

$$C_t = \frac{b w \cdot d}{\sum x^2 y}$$

$$\begin{aligned} C_t &= \frac{400 \cdot 537}{101184000} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$$T_c = \frac{\frac{1}{15} \sqrt{f_c} \cdot \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,4 \cdot V_u}{C_t \cdot T_u} \right)}}$$

$$T_c = \frac{\frac{1}{15} \sqrt{30} \cdot 101184000}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,4 \cdot 64315}{0,002 \cdot 37741000} \right)}}$$

$$= 31907699 \text{ Nmm}$$

$$T_s = \frac{T_u}{\phi} - T_c$$

$$T_s = \frac{37741000}{0,6} - 31907699$$

$$= 30993968 \text{ Nmm}$$

deking 40 mm

diameter sengkang ϕ 12 mm

$$X1 = 400 - 2(40 + 6) = 308 \text{ mm}$$

$$Y1 = 600 - 2(40 + 6) = 508 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{3} \left[2 + \frac{Y1}{X1} \right]$$

$$= \frac{1}{3} \left[2 + \frac{508}{308} \right]$$

$$= 1,216 < 1,5$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_s}{\alpha_1 \cdot X_1 \cdot Y_1 \cdot f_y}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{30993968}{1,216 \cdot 308 \cdot 508 \cdot 240}$$

$$= 0,679$$

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d}{\sqrt{1 + \left(2,5 \cdot C_t \cdot \frac{T_u}{V_u} \right)^2}} \cdot 0,5$$

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 537}{\sqrt{1 + \left(2,5 \cdot 0,002 \cdot \frac{37741000}{64315} \right)^2}} \cdot 0,5$$

$$= 31628 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{64315}{0,6} - 31628 = 75564 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{75564}{240 \cdot 537} = 0,586$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{2 A_t}{s} + \frac{A_v}{s} = 2 \cdot (0,679) + 0,586 = 1,944 \text{ mm}$$

Senggang $\phi 12 \text{ mm} \rightarrow A_s = 226 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{A_s}{\frac{A_{vt}}{s}} = \frac{226}{1,944} = 126 \text{ mm}$$

Dipasang senggang sejarak $s = 125 \text{ mm}$

$$S_{\text{maks}} = \frac{1}{4} \cdot (X1 + Y1) = \frac{1}{4} (308 + 508) = 204 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = d/2 = 537/2 = 268,5 \text{ mm}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,679 \rightarrow A_t = 0,679 \cdot 125 = 85 \text{ mm}^2$$

Tulangan Longitudinal (memanjang)

$$A1 = 2 \cdot \frac{At}{s} (X1 + Y1)$$

$$\begin{aligned} A1 &= 2 \cdot 0,679 \cdot (308 + 508) \\ &= 1108 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A2 = \left[\frac{2,8 \cdot X \cdot S}{fy} \left(\frac{Tu}{Tu + \frac{Vu}{3 \cdot Ct}} \right) - 2 \cdot At \right] \left(\frac{X1 + Y1}{S} \right)$$

$$\begin{aligned} A2 &= \left[\frac{2,8 \cdot 400 \cdot 125}{240} \left(\frac{37741000}{37741000 + \frac{64315}{3 \cdot 0,002}} \right) - 2 \cdot 85 \right] \left(\frac{308 + 508}{125} \right) \\ &= 1856 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipilih $A2 = 1856 \text{ mm}^2$

Dipasang keempat sisi masing – masing $1/4 A2$

Tulangan Lapangan

> Tulangan atas = $580 + 1856/4 = 1044 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan 3 D 22 (1140 mm²)

> Tulangan samping kiri = $1856/4 = 464 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan 4 D 14 (616 mm²)

> Tulangan samping kanan = $1856/4 = 464 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan 4 D 14 (616 mm²)

> Tulangan bawah = $1102 + 1856/4 = 1566 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan 5 D 22 (1900 mm²)

Tulangan Tumpuan

$$\text{> Tulangan atas} = 1401 + 1856/4 = 1865 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 5 D 22 (1901 mm²)

$$\text{> Tulangan samping kiri} = 1856/4 = 464 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 4 D 14 (616 mm²)

$$\text{> Tulangan samping kanan} = 1856/4 = 464 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 4 D 14 (616 mm²)

$$\text{> Tulangan bawah} = 752 + 1856/4 = 1216 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 4 D 22 (1520 mm²)

6.1.3 Kontrol Lendutan

Dalam peraturan SKSNI`91 pasal 3.2.5 (a) memberikan batasan – batasan tebal minimum dengan berbagai kondisi perletakan, dimana bila tebal balok lebih besar dari pada tebal minimum seperti yang disyaratkan tersebut, maka lendutan tidak perlu dihitung.

Syarat tebal minimum untuk balok atau plat satu arah menurut SKSNI`91 adalah sebagai berikut :

a) Balok diatas dua tumpuan

$$h_{\min} = \frac{Lu}{16} \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) \quad \text{fy dalam Mpa}$$

b) Balok dengan satu ujung menerus

$$h_{\min} = \frac{Lu}{18,5} \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) \quad \text{fy dalam Mpa}$$

c) Balok dengan ujung menerus dikedua tepinya

$$h_{\min} = \frac{Lu}{21} \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) \quad \text{fy dalam Mpa}$$

Dari preliminary desain untuk balok induk tinggi balok induk melebihi dari h_{min} yang tertera seperti diatas, sehingga praktis lendutan tidak perlu dihitung.

6.1.4 Kontrol Retak

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

Dimana :

$$\begin{aligned} f_s &= 0,6 \cdot f_y \\ &= 0,6 \cdot 350 \\ &= 210 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$d_c = 40 + 12 + 22/2 = 63 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A &= 2 \cdot d_c \cdot (b_w / \text{jumlah tulangan}) \\ &= 2 \cdot 63 \cdot (400/5) \\ &= 10080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= 210 \sqrt[3]{63 \cdot 10080} \\ &= 18050 \text{ N/mm} \\ &= 18,050 \text{ MN/m} < 25 \text{ MN/m (Diluar ruangan)} \end{aligned}$$

6.1.5 Panjang Penyaluran

a. Panjang penyaluran tulangan tarik

Panjang penyaluran tulangan tarik untuk tulangan deform D 22 adalah sebagai berikut : (SKSNI 3.5.2.2)

$$\begin{aligned}Ldb &= 1,4 \cdot 0,02 \cdot Ab \cdot \frac{fy}{\sqrt{fc}} \\ &= 1,4 \cdot 0,02 \cdot 280 \cdot \frac{350}{\sqrt{30}} \\ &= 301 \text{ mm}\end{aligned}$$

tidak boleh kurang dari

$$\begin{aligned}Ldb &= 0,06 \cdot db \cdot fy \\ &= 0,06 \cdot 22 \cdot 350 \\ &= 462 \text{ mm}\end{aligned}$$

b. Panjang penyaluran tulangan tekan

Panjang penyaluran tulangan D 16 adalah sebagai berikut :

(SKSNI 3.5.3.2)

$$\begin{aligned}Ldb &= \frac{db \cdot fy}{4 \cdot \sqrt{fc}} \\ &= \frac{22 \cdot 350}{4 \cdot \sqrt{30}} \\ &= 351 \text{ mm}\end{aligned}$$

tidak boleh kurang dari

$$\begin{aligned}Ldb &= 0,04 \cdot db \cdot fy \\ &= 0,04 \cdot 22 \cdot 350 \\ &= 308 \text{ mm}\end{aligned}$$

c. Panjang penyaluran kait standar dalam tarik

Panjang penyaluran dasar kait standar (hook) dari tulangan D 16 adalah sebagai berikut : (SKSNI 3.5.5.2)

$$\begin{aligned}L_{hb} &= 100 \cdot \frac{db}{\sqrt{f_c'}} \\ &= 100 \cdot \frac{22}{\sqrt{30}} \\ &= 402 \text{ mm}\end{aligned}$$

Panjang penyaluran hook :

$$\begin{aligned}L_{dh} &= L_{hb} \cdot \left(\frac{f_y}{400} \right) \cdot (0,7) \\ &= 402 \cdot \left(\frac{350}{400} \right) \cdot (0,7) \\ &= 246 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}L_{dh} &= 8 \cdot db \\ &= 8 \cdot 22 \\ &= 176 \text{ mm}\end{aligned}$$

d. Panjang penyaluran dari tulangan momen positif

Panjang sedikit sepertiganya dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang tertumpu pada dua tumpuan dan seperempat dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang menerus harus diterima ke dalam tumpuan paling sedikit sepanjang : (SKSNI 3.5.11.1)

- 150 mm
- $d = 537 \text{ mm}$ (menentukan)
- $12 \cdot db = 12 \cdot 22 = 264 \text{ mm}$

e. Panjang penyaluran dari tulangan momen negatif

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

$$- d = 537 \text{ mm (menentukan)}$$

$$- 12 \cdot db = 12 \cdot 22 = 264 \text{ mm}$$

$$- L/16 = 8000 / 16 = 500 \text{ mm}$$

Selanjutnya untuk perhitungan balok induk ditabelkan

6.2 Perencanaan Kolom

Komponen struktur yang menerima momen lentur dan aksial tekan secara serentak harus diperhitungkan sebagai beam kolom dengan memperhatikan pengaruh tekuk yang terjadi akibat kelangsingan komponen struktur tersebut. Dengan adanya faktor tekuk akibat pengaruh kelangsingan ini, pada komponen struktur tekan dan lentur akan terjadi momen tambahan sebesar :

$$M_c = \delta_D \cdot M_{2b} + \delta_S \cdot M_{2s}$$

Dalam SKSNI '91 pasal (3.14.4.1) disebutkan bahwa, untuk komponen struktur dengan beban lentur dan aksial tekan (kolom) harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

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

boleh lebih besar dari 16. Untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh lebih dari 10

6.2.1 Panjang Tekuk Kolom

Panjang tekuk kolom adalah panjang bersih kolom antara plat lantai atau balok diujung – ujungnya yang dikalikan dengan suatu faktor tekuk (k) yang besarnya adalah sebagai berikut :

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

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

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

$$\psi = \frac{\sum [EI / Ik]_{\text{kolom}}}{\sum [EI / Ik]_{\text{kolom}}}$$

dimana :

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

$$I_g = 1/12 \cdot b \cdot h^3$$

$$\beta d = \frac{(\text{beban mati berfaktor} + \text{beban hidup berfaktor})}{(\text{beban total berfaktor})}$$

$$EI_{\text{balok}} = \frac{\left[\frac{E_c \cdot I_g}{2,5} \right]}{1 + \beta d}$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{\left[\frac{E_c \cdot I_g}{5} \right]}{1 + \beta d}$$

Nilai faktor tekuk (k) dapat diperoleh dari nomogram dengan nilai (ψ_A) dan (ψ_B) tersebut sehingga didapat nilai (k).

6.2.1.1 Kolom Pendek

Suatu unsur tekan pendek bila 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 tekuk tidak perlu diperhatikan.

Komponen struktur tekan disebut pendek bila perbandingan kelangsingan yaitu perbandingan panjang tekuk kolom ($k \cdot lu$) terhadap radius girasi (r) :

$$\frac{k \cdot lu}{r} < 43 - 12 \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \quad (\text{braced frame})$$

$$\frac{k \cdot lu}{r} < 22 \quad (\text{unbraced frame})$$

dimana :

$$r = 0,3 h \quad \text{dalam arah momen yang ditinjau untuk kolom persegi}$$

6.2.1.2 Kolom Panjang

Apabila nilai perbandingan untuk kolom pendek diatas tidak terpenuhi maka suatu komponen struktur tekan dikatakan kolom panjang. Kolom dengan kelangsingan kolom besar akan melendut ke samping (menekuk) sehingga timbul momen sekunder. Untuk itu dalam perhitungan kolom panjang diperlukan suatu faktor pembesaran momen yang harus diperhitungkan terhadap panjang tekuk kolom.

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

$$M_c = \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s} \quad (\text{SKSNI}'91 \text{ 3.3-6})$$

Dimana :

M_c = Momen rencana kolom setelah diperbesar

M_{2b} = Momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti

M_{2s} = Momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping seperti gempa

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \cdot P_c}} \geq 1 \quad (\text{SKSNI}'91 \text{ 3.3-7})$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \cdot \sum P_c}} \geq 1 \quad (\text{SKSNI}'91 \text{ 3.3-8})$$

$\sum P_c$ dan $\sum P_u$ adalah penjumlahan harga P_c dan P_u semua kolom dalam satu tingkat.

$$C_m = 1 \text{ (unbraced)} \quad (\text{SKSNI}'91 \text{ 3.3-12})$$

$$P_c = \frac{\pi^2 (EI)_{kolom}}{(k \cdot lu)^2} \quad (\text{SKSNI}'91 \text{ 3.3-9})$$

6.2.1.3 Pembatasan Penulangan Kolom

SKSNI'91 pasal 3.3.9-1 menyebutkan bahwa ratio penulangan kolom disyaratkan untuk tidak kurang dari 1 % tetapi tidak lebih dari 8 % luas bruto penampang kolom ($1\% \leq \rho \leq 8\%$). Pembatasan ratio tulangan minimum ini ditujukan untuk mencegah terjadinya retak akibat rangkakan (creep) yang terjadi pada beton, sedangkan pembatasan ratio tulangan maksimum atas pertimbangan kesulitan pemasangan di lapangan. Jumlah minimum batang tulangan memanjang kolom adalah 4 buah untuk kolom

dengan sengkang pengikat segiempat dan 8 buah untuk kolom dengan pengikat lateral.

6.2.1.4 Perencanaan Kolom Terhadap Gaya Geser

Gaya geser rencana kolom

$$V_c = 2 \left[1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right] \left[\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right] b_w \cdot d \quad (\text{SKSNI 3.4.3.2})$$

Dimana :

N_u = gaya aksial minimum yang terjadi pada kolom yang ditinjau

Dalam SKSNI`91 pasal 3.14.4.4.2 menjelaskan bahwa tulangan transversal pada daerah sendi plastis dipasang dengan spasi tidak melebihi :

- 0,25 dari dimensi kolom terkecil
- 8 kali diameter tulangan memanjang
- 100 mm

6.3 Contoh Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

Untuk contoh perhitungan kolom digunakan data kolom lantai 1 dengan data sebagai berikut :

> Data Kolom

- Dimensi = 60 x 60 cm
- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 350 Mpa
- Panjang kolom = 500 cm
- Tulangan utama = D 25 mm

- Decking = 40 mm
- Begel / sengkang = ϕ 12 mm
- $d = 600 - 40 - 12 - 25/2 = 535,5$ mm

> **Kolom Eksterior (As 3_l-R & As 6_l-R)**

$$P_U = 2910000 \text{ N}$$

$$M_{2bx} = 43700000 \text{ Nmm}$$

$$M_{2by} = 34900000 \text{ Nmm}$$

$$M_{2sx} = 149500000 \text{ Nmm}$$

$$M_{2sy} = 497400000 \text{ Nmm}$$

Penentuan panjang tekuk kolom eksterior

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f_c'} \\ &= 4700\sqrt{30} \\ &= 25743 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$I_g \text{ balok} = 1/12 \cdot 400 \cdot 800^3 = 1,71 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_g \text{ konsol} = 1/12 \cdot 300 \cdot 400^3 = 1,60 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_g \text{ kolom} = 1/12 \cdot 600 \cdot 600^3 = 1,08 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$\beta_d = \text{dianggap } 0,5$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{\left[\frac{E_c \cdot I_g}{2,5} \right]}{1 + \beta_d} = \frac{\left[\frac{25743 \cdot 1,08 \cdot 10^{10}}{2,5} \right]}{1 + 0,5} = 7,41 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

$$EI_{\text{balok}} = \frac{\left[\frac{E_c \cdot I_g}{5} \right]}{1 + \beta_d} = \frac{\left[\frac{25743 \cdot 1,71 \cdot 10^{10}}{5} \right]}{1 + 0,5} = 5,87 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

$$EI_{\text{konsol}} = \frac{\left[\frac{E_c \cdot I_g}{5} \right]}{1 + \beta d} = \frac{\left[\frac{25743.1,60 \cdot 10^9}{5} \right]}{1 + 0,5} = 5,49 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

$$\psi_{\text{bawah}} = 0 \text{ (jepit)}$$

$$\psi_{\text{atas}} = \frac{\sum \left[\frac{EI_k}{lk} \right]}{\sum \left[\frac{EI_b}{lb} \right]} = \frac{\left[\frac{7,41 \cdot 10^{13}}{4200} \right] + \left[\frac{7,41 \cdot 10^{13}}{3200} \right]}{\left[\frac{5,87 \cdot 10^{13}}{7400} \right] + \left[\frac{5,49 \cdot 10^{12}}{1500} \right]} = 3,52$$

Dari nomogram Unbraced Frame didapat nilai $k = 1,33$

Jari-jari girasi kolom $r = 0,3 \cdot h$

$$r = 0,3 \cdot 600 = 180 \text{ mm}$$

$$\frac{k \cdot lu}{r} = \frac{1,33 \cdot 4200}{180} = 31 > 22 \text{ (kolom langsing)}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI_k}{(k \cdot lu)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 7,41 \cdot 10^{13}}{(1,33 \cdot 4200)^2} = 2,34 \cdot 10^7 \text{ N}$$

$$C_m = 1 \text{ (unbraced frame)}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{\left[1 - \frac{P_u}{\phi \cdot P_c} \right]} = \frac{1}{\left[1 - \frac{2910000}{0,65 \cdot 2,34 \cdot 10^7} \right]} = 1,24$$

> Kolom Interior (As 4_{l-R} & As 5_{l-R})

$$P_u = 3100000 \text{ N}$$

$$M_{2bx} = 84100000 \text{ Nmm}$$

$$M_{2by} = 51500000 \text{ Nmm}$$

$$M_{2sx} = 101500000 \text{ Nmm}$$

$$M_{2sy} = 509300000 \text{ Nmm}$$

Penentuan panjang tekuk kolom eksterior

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f_c'} \\ &= 4700\sqrt{30} \\ &= 25743 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$I_{g \text{ balok}} = 1/12 \cdot 400 \cdot 800^3 = 1,71 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_{g \text{ balok}} = 1/12 \cdot 300 \cdot 400^3 = 1,60 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_{g \text{ kolom}} = 1/12 \cdot 600 \cdot 600^3 = 1,08 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$\beta_d = \text{dianggap } 0,5$$

$$EI_{\text{ kolom}} = \frac{\left[\frac{E_c \cdot I_g}{2,5} \right]}{1 + \beta_d} = \frac{\left[\frac{25743 \cdot 1,08 \cdot 10^{10}}{2,5} \right]}{1 + 0,5} = 7,41 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

$$EI_{\text{ balok}} = \frac{\left[\frac{E_c \cdot I_g}{5} \right]}{1 + \beta_d} = \frac{\left[\frac{25743 \cdot 1,71 \cdot 10^{10}}{5} \right]}{1 + 0,5} = 5,87 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

$$EI_{\text{ balok}} = \frac{\left[\frac{E_c \cdot I_g}{5} \right]}{1 + \beta_d} = \frac{\left[\frac{25743 \cdot 1,60 \cdot 10^9}{5} \right]}{1 + 0,5} = 5,49 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

$$\psi_{\text{ bawah}} = 0 \text{ (jepit)}$$

$$\psi_{\text{ atas}} = \frac{\sum \left[\frac{EI_k}{lk} \right]}{\sum \left[\frac{EI_b}{lb} \right]} = \frac{\left[\frac{7,41 \cdot 10^{13}}{4200} \right] + \left[\frac{7,41 \cdot 10^{13}}{3200} \right]}{\left[\frac{5,87 \cdot 10^{13}}{7400} \right] + \left[\frac{5,49 \cdot 10^{12}}{2400} \right]} = 3,996$$

Dari nomogram Unbraced Frame didapat nilai $k = 1,42$

Jari - jari girasi kolom $r = 0,3 \cdot h$

$$r = 0,3 \cdot 600 = 180 \text{ mm}$$

$$\frac{k \cdot lu}{r} = \frac{1,33 \cdot 4200}{180} = 33 > 22 \text{ (kolom langsing)}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI_k}{(k \cdot lu)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 7,41 \cdot 10^{13}}{(1,42 \cdot 4200)^2} = 2,05 \cdot 10^7 \text{ N}$$

$$C_m = 1 \text{ (unbraced frame)}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{\left[1 - \frac{P_u}{\phi \cdot P_c}\right]} = \frac{1}{\left[1 - \frac{3100000}{0,65 \cdot 2,05 \cdot 10^7}\right]} = 1,13$$

$$\delta_s = \frac{1}{\left[1 - \frac{\sum P_u}{\sum P_c}\right]}$$

$$\sum P_u = 2 \cdot 2910000 + 2 \cdot 3100000 = 12020000 \text{ N}$$

$$\sum P_c = 2 \cdot (2,34 \cdot 10^7) + 2 \cdot (2,05 \cdot 10^7) = 8,78 \cdot 10^7 \text{ N}$$

$$\delta_s = \left(\frac{1}{1 - \frac{12020000}{8,78 \cdot 10^7}} \right) = 1,104$$

► Pembesaran Momen yang terjadi

Eksterior

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s} \\ &= 1,24 \cdot 4,37 + 1,104 \cdot 14,95 \\ &= 21,92 \text{ Tm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= 1,24 \cdot 3,49 + 1,104 \cdot 49,74 \\ &= 59,24 \text{ Tm.} \end{aligned}$$

$$\frac{M_{uy}}{M_{ux}} = \frac{59,24}{21,92} = 2,70 > \frac{b}{h} = \frac{0,6}{0,6} = 1$$

$$M_{oy} = M_{uy} + M_{ux} \left(\frac{b}{h} \right) \left[\frac{1 - \beta}{\beta} \right] \text{ untuk } \frac{M_{uy}}{M_{ux}} > \frac{b}{h}$$

$$Moy = 59,24 + 21,92 \left(\frac{0,6}{0,6} \right) \left[\frac{1-0,65}{0,65} \right] = 71,04 \text{ tm}$$

› **Menentukan luas tulangan kolom Eksterior**

$$\frac{\phi Pn}{Ag} = \frac{Pu}{Ag} = \frac{2910000}{600 \cdot 600} = 8,08$$

$$\frac{\phi Mn}{Ag \cdot h} = \frac{Moy}{Ag \cdot h} = \frac{710400000}{600^3} = 3,29$$

Dari diagram interaksi didapat nilai $\rho = 2\%$

$$Ast = 0,02 \cdot 600^2 = 7200 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 15 D 25 (7365 mm²)

$$\begin{aligned} Pn_{maks} &= 0,8 [0,85 \cdot fc' (Ag - Ast) + Ast \cdot fy] \\ &= 0,8 [0,85 \cdot 30 (600^2 - 7365) + 7365 \cdot 350] \\ &= 9255954 \text{ N} \\ &= 926 \text{ T} > Pn \text{ ada } 291/0,8 = 364 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Interior

$$\begin{aligned} Mux &= \delta b \cdot M_{2b} + \delta s \cdot M_{2s} \\ &= 1,13 \cdot 8,41 + 1,104 \cdot 10,15 \\ &= 20,71 \text{ Tm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &= 1,13 \cdot 5,15 + 1,104 \cdot 50,93 \\ &= 62,05 \text{ Tm.} \end{aligned}$$

$$\frac{Muy}{Mux} = \frac{62,05}{20,71} = 2,99 > \frac{b}{h} = \frac{0,6}{0,6} = 1$$

$$Moy = Muy + Mux \left(\frac{b}{h} \right) \left[\frac{1-\beta}{\beta} \right] \text{ untuk } \frac{Muy}{Mux} > \frac{b}{h}$$

$$\text{Moy} = 62,05 + 20,71 \left(\frac{0,6}{0,6} \right) \left[\frac{1-0,65}{0,65} \right] = 73,20 \text{ tm}$$

> **Menentukan luas tulangan kolom Interior**

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{P_u}{A_g} = \frac{3100000}{600 \cdot 600} = 8,61$$

$$\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} = \frac{\text{Moy}}{A_g \cdot h} = \frac{732000000}{600^3} = 3,39$$

Dari diagram interaksi didapat nilai $\rho = 2,2\%$

$$A_{st} = 0,022 \cdot 600^2 = 7920 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 17 D 25 (8347 mm²)

$$\begin{aligned} P_{n \text{ maks}} &= 0,8 [0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y] \\ &= 0,8 [0,85 \cdot 30 (600^2 - 8347) + 8347 \cdot 350] \\ &= 9510881 \text{ N} \\ &= 951 \text{ T} > P_n \text{ ada } 310/0,8 = 388 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

> **Perhitungan Penulangan Geser Kolom**

$$V_u = 175700 \text{ N}$$

$$N_u = 3100000 \text{ N}$$

Kuat geser beton pada daerah ujung kolom

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left[1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right] \left[\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right] b_w \cdot d \\ &= 2 \left[1 + \frac{3100000}{14 \cdot 600^2} \right] \left[\frac{\sqrt{30}}{6} \right] 600 \cdot 535,5 \\ &= 947423 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,6 \cdot 947423 \\ &= 568454 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}0,5 \phi V_c &= 0,5 \cdot 568454 \\ &= 284227 \text{ N}\end{aligned}$$

$$V_u = 167000 \text{ N} < 0,5 \phi V_c = 284227 \text{ N}$$

Tidak perlu tulangan geser, maka hanya dipasang tulangan sengkang minimum sebesar :

$$\begin{aligned}A_{v \text{ min}} &= \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} \\ s &= \frac{A_v \cdot 3 \cdot f_y}{b_w}\end{aligned}$$

Digunakan sengkang ϕ 12 mm ($A_v = 113 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned}s &= \frac{2 \cdot 113 \cdot 3 \cdot 350}{600} \\ &= 396 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$s_{\text{maks}} \leq 0,5 \cdot h = 0,5 \cdot 600 = 300 \text{ mm}$$

$$s_{\text{maks}} \leq 10 \cdot D = 10 \cdot 25 = 250 \text{ mm}$$

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

Digunakan tulangan sengkang ϕ 12 – 200 mm

Untuk daerah sendi plastis besarnya $\phi V_c = 0$ sehingga $\phi V_s = V_u$, dimana $V_u = 175700 \text{ N}$, maka pada daerah tersebut harus dipasang tulangan geser di muka joint sepanjang $2h$

$$\begin{aligned}s &= \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{\phi \cdot V_s} \\ s &= \frac{0,6 \cdot 2 \cdot 113 \cdot 350 \cdot 535,5}{175700} = 145 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 0,25 b = 0,25 \cdot 600 = 150 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 8 D = 8 \cdot 25 = 200 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 100 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan sengkang ϕ 12 – 100 mm



BAB VII
PERENCANAAN PONDASI

BAB VII

PERENCANAAN PONDASI

7.1 Umum

Perencanaan pondasi yang akan dibahas dalam bab ini meliputi : perencanaan jumlah tiang yang diperlukan, perencanaan poer (pile cap) dan perencanaan sloof (tie beam).

Dalam perencanaan pondasi perlu diperhatikan pembebanan yang diberikan pada komponen strukturnya. Menurut SKSNI '91 pasal 3.8.2 ayat 2 untuk keperluan perencanaan dan penempatan jumlah tiang pancang pembebanan yang diberlakukan adalah pembebanan tanpa faktor reduksi atau beban kerja. Sedangkan untuk komponen struktur bawah lainnya yaitu poer dan sloof tetap diberikan beban berfaktor.

7.2. Daya Dukung Tiang

Daya dukung tiang pancang harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan dan kekuatan tanah tempat tiang ditanam. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung tiang. Perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal dilakukan dengan menggunakan data hasil uji SPT (Standart Penetration Test).

Perhitungan daya dukung ditinjau dari 2 keadaan yaitu :

- Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
- Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

7.2.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung tiang pancang tunggal dihitung berdasarkan hasil uji SPT (Standart Penetratin Test).

Menurut Luciano Decourt (1982)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dimana :

Q_u = daya dukung tiang tunggal

$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$

q_p = tegangan diujung tiang

N_p = harga rata didekat ujung tiang = $(N_1 + N_2 + N_3)/3$

N_1 = nilai SPT 4 D diatas ujung tiang

N_2 = nilai SPT tepat diujung tiang

N_3 = nilai SPT 4 D dibawah ujung tiang

K = Koefesien karakteristik tanah (25 t/m² untuk tanah lanau Berpasir)

A_p = luas penampang ujung tiang

$Q_s = q_s \cdot A_s = [(N_s/3) + 1] \cdot A_s$

q_s = tegangan akibat frottement lateral (t/m²)

N_s = harga rata - rata sepanjang ujung tiang dengan batasan
(3 ≤ N ≤ 50)

A_s = keliling x panjang tiang

Daya dukung tiang tunggal

$$Q_u = \left[\frac{(N_p \cdot K) \cdot A_p}{2} \right] + \left[\frac{[(N_s / 3) + 1] \cdot A_s}{3} \right]$$

7.2.2 Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

Daya dukung satu tiang dalam kelompok didapat daya dukung satu tiang tunggal dikalikan dengan suatu faktor efisiensi. Faktor efisiensi tiang pancang gesekan dalam kelompok menurut Joseph E. Bowles dihitung dengan persamaan Converse Labarre :

$$\text{Eff} = 1 - \theta \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana :

- θ = arc tg D/s
- s = jarak tiang antar tiang (as ke as)
- D = diameter tiang pancang
- m = banyaknya tiang dalam baris
- n = banyaknya tiang dalam kolom

7.3 Beban Maksimum Tiang Akibat Aksial dan Momen

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen – momen yang bekerja pada tiang. Rumus yang digunakan adalah :

$$P_{\text{maks}} = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x \cdot Y_{\text{maks}}}{\sum Y^2} + \frac{M_y \cdot X_{\text{maks}}}{\sum X^2} \leq P_{\text{ijin}}$$

Dimana :

- P_{maks} = beban maksimum yang diterima 1 tiang pancang
- P_{ijin} = daya dukung ijin 1 tiang dalam kelompok
- M_x = Momen yang terjadi dalam arah X
- M_y = Momen yang terjadi dalam arah y
- n = banyaknya tiang dalam kelompok tiang
- X_{maks} = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

Y_{maks} = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

ΣX^2 = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang

ΣY^2 = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang

7.4 Kontrol Tiang Terhadap Gaya Lateral

Tiang pancang harus mampu menerima gaya tekan aksial dan momen akibat gaya horisontal dengan cara mengubah 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, digunakan rumus - rumus yang terdapat pada buku Pedoman Perencanaan Untuk Struktur Beton Bertulang dan Struktur Tembok Bertulang untuk Gedung (PPUSBBSTBG`83) lampiran B yang menyebutkan bahwa tiang pancang direncanakan sebagai tiang pendek atau tiang panjang, jika $L_{tertanam} < L_2$ disebut tiang pendek (bagian B₂ dan B₃ PPUSBBSTBG`83) dan jika $L_{tertanam} > L_2$ disebut tiang panjang (bagian B₄ PPUSBBSTBG`83)

Langkah - langkah kontrol akibat pengaruh gaya horisontal tiang pancang :

1. Hitung kedalaman momen lentur maksimum (L_1) dan momen lentur nol (L_2)

$$L_1 = f + 1,5 D ; L_2 = 2,2 \cdot L_1$$

Dimana :

$$F = H_0 / (9 \cdot C_r \cdot D)$$

$$C_r = \text{kohesi rencana } (0,5 \cdot C_u)$$

$$C_u = \text{kekuatan kohesi (diambil } 2,5 \text{ kg/cm}^2\text{)}$$

- $H_o = H_u / \text{jumlah tiang (kg)}$
 $D = \text{diameter tiang}$
 2. Hitung $K_y = H_o / C_r \cdot D$
 3. Dengan menggunakan grafik B3 didapat nilai K_x
 4. Hitung $M_o = K_x \cdot C_r \cdot D^2 \leq M_{ijin \text{ bahan}}$

7.5 Perencanaan Poer (Pile Cap)

Poer direncanakan terhadap gaya geser pons pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

7.5.1 Kontrol Geser Pons pada Poer

Dalam merencanakan tebal poer, harus dipenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.

Harga V_u harus lebih besar dari ϕV_c

$$\phi V_c = \phi \left[1 + \frac{2}{\beta_c} \right] \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \quad \text{.....SKSNI'91 3.4-36}$$

Tetapi tidak boleh lebih besar dari

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

dimana :

$$\phi = 0,6$$

$\beta_c = \text{rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom}$

$b_o = \text{keliling penampang kritis pada poer}$

$$= 2 \cdot (b_k + d) + 2 \cdot (h_k + d)$$

7.5.2 Penulangan Lentur Poer

Untuk perhitungan penulangan lentur poer, pada penulangan arah sumbu X dan sumbu Y dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar (q). Perhitungan gaya dalam poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu biasa.

7.5.3 Penulangan Geser Lentur Poer

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.

$$V_u \geq \phi V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad (\text{perlu tulangan geser})$$

$$V_u \leq \phi V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \quad (\text{tidak perlu tulangan geser})$$

7.6 Perencanaan Sloof (Tie Beam)

Sloof menerima berat tembok, berat sendiri sloof dan beban aksial tekan. Gaya aksial yang bekerja diambil sebesar 10 % dari beban aksial kolom yang terjadi pada kondisi pembebanan gempa yang menentukan. Penentuan dimensi sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan tarik ijin beton (f_{ct})

$$F_{ct} = f_r = 0,7 \cdot \sqrt{f_c'} \quad \text{.....SKSNI'91 3.2.5-3}$$

$$F_r \text{ yang terjadi} = \frac{Nu}{\phi \cdot b \cdot h} \leq f_{ct}$$

7.6.1 Penulangan Sloof

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan. Beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti halnya penulangan kolom.

7.6.2 Penulangan Geser Sloof

Penulangan geser sloof dihitung dengan cara yang sama seperti pada penulangan geser kolom.

Kuat nominal geser yang mampu dipikul beton :

$$\phi V_c = \phi \left[1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g} \right] \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

7.7 Perhitungan Pondasi Type 1

7.7.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal (Q_p)

Direncanakan menggunakan tiang pancang produksi WIKA type 400 A2 dengan spesifikasi bahan :

$$M_{ult} = 8,25 \text{ tm}$$

$$P_{ijin} = 113 \text{ t}$$

$$D = 40 \text{ cm}$$

Berdasarkan hasil uji SPT (Standart Penetration Test) tiang direncanakan dipancang sedalam 13 m dari muka tanah.

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$$

$$N_p = (N_1 + N_2 + N_3)/3$$

$$= (33 + 36 + 34)/3 = 34,33 \text{ blows}/f_1$$

$$K = 25 \text{ t}/\text{m}^2 \text{ (untuk tanah lanau berpasir)}$$

$$A_p = (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) = (0,25 \cdot \pi \cdot 0,4^2) = 0,126 \text{ m}^2$$

$$N_s = \frac{24 + 24 + 23 + 15 + 9 + 15 + 23 + 28 + 32 + 33 + 36 + 35}{12} = 25$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 0,4 \cdot 11 = 13,82 \text{ m}^2$$

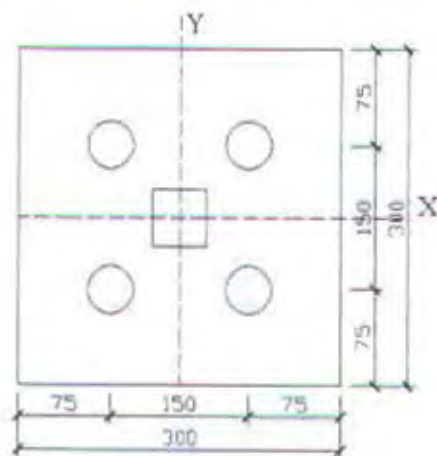
$$Q_p = \left[\frac{(N_p \cdot K) \cdot A_p}{2} \right] + \left[\frac{[(N_s/3) + 1] \cdot A_s}{3} \right]$$

$$= \left[\frac{(34,33 \cdot 25) \cdot 0,126}{2} \right] + \left[\frac{[(25/3) + 1] \cdot 13,82}{3} \right]$$

$$= 138 \text{ T}$$



Direncanakan menggunakan 4 buah tiang pancang



Effisiensi Tiang Pancang

$$\text{Eff} = 1 - \text{arc tg} \left[\frac{D}{S} \right] \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$= 1 - \text{arc tg} \left[\frac{0,4}{1,5} \right] \frac{(2-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 2}{90 \cdot 2 \cdot 2}$$

$$= 0,834$$

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = Q_D \cdot \text{Eff}$$

$$= 138 \cdot 0,834$$

$$= 115 \text{ T}$$

> Beban Maksimum pada Tiang Akibat Aksial & Momen

- Output SAP90 pada pembebanan (mati + hidup)

$$P = 247 \text{ T}$$

$$M_x = 2,1 \text{ Tm}$$

$$M_y = 3,4 \text{ Tm}$$

$$H_x = 2,1 \text{ T}$$

$$H_y = 1,3 \text{ T}$$

Beban tambahan yang bekerja pada pile cap

- Beban poer	$= (3 \cdot 3) \cdot 1 \cdot 2,4$	$= 21,6 \text{ T}$
- Beban sloof	$= (0,4 \cdot 0,7) \cdot 7 \cdot 2,4$	$= 4,704 \text{ T}$
- Beban tembok	$= (4 \cdot 0,250) \cdot 3$	$= 3 \text{ T}$
- Beban tanah urug	$= [(3 \cdot 3) - (0,6 \cdot 0,6)] \cdot 1,7 \cdot 1$	$= 14,688 \text{ T}$
- Beban Tangga	$=$	$= 17,40 \text{ T}$
		$= 61,392 \text{ T}$

$P_{\text{maks 1 tiang pancang}}$

$$\Sigma P = 247 + 62 = 309 \text{ T}$$

$$\Sigma X^2 = 2(2 \cdot 0,75^2) = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 2(2 \cdot 0,75^2) = 2,25 \text{ m}^2$$

$$Mx_{total} = Mx + Hy \cdot t = 2,1 + 1,3 \cdot 1 = 3,4 \text{ Tm}$$

$$My_{total} = My + Hx \cdot t = 3,4 + 2,1 \cdot 1 = 5,5 \text{ Tm}$$

$$\begin{aligned} P_{maks} &= \frac{\sum P}{n} + \frac{Mx \cdot Y_{maks}}{\sum Y^2} + \frac{My \cdot X_{maks}}{\sum X^2} \\ &= \frac{309}{4} + \frac{3,4 \cdot 0,75}{2,25} + \frac{5,5 \cdot 0,75}{2,25} \\ &= 80 < P_{ijin} = 115 \text{ T} \dots (\text{OK}) \\ &\quad < P_{bahan} = 113 \text{ T} \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

- Output SAP90 pada pembebanan (mati + hidup + gempa)

$$P = 263 \text{ T}$$

$$Mx = 12,87 \text{ Tm}$$

$$My = 48,90 \text{ Tm}$$

$$Hx = 16,87 \text{ T}$$

$$Hy = 4,80 \text{ T}$$

P_{maks} 1 tiang pancang

$$\sum P = 263 + 62 = 325 \text{ T}$$

$$\sum X^2 = 2(2 \cdot 0,75^2) = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\sum Y^2 = 2(2 \cdot 0,75^2) = 2,25 \text{ m}^2$$

$$Mx_{total} = Mx + Hy \cdot t = 12,87 + 4,80 \cdot 1 = 17,67 \text{ Tm}$$

$$My_{total} = My + Hx \cdot t = 48,90 + 16,87 \cdot 1 = 65,77 \text{ Tm}$$

$$P_{maks} = \frac{\sum P}{n} + \frac{Mx \cdot Y_{maks}}{\sum Y^2} + \frac{My \cdot X_{maks}}{\sum X^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{325}{4} + \frac{17,67 \cdot 0,75}{2,25} + \frac{65,77 \cdot 0,75}{2,25} \\
 &= 110 \text{ T} < P_{ijin} = 115 \cdot 1,5 = 173 \text{ T} \dots(\text{OK}) \\
 &\quad < P_{bahan} = 113 \text{ T} \dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

7.7.2 Kontrol Tiang Terhadap Gaya Lateral

Gaya lateral yang bekerja pada pondasi

$$H_x = 17,72 \text{ T}$$

$$H_y = 5,02 \text{ T}$$

$$C_r = 0,5 \cdot C_u$$

$$C_u = \text{diambil } 2,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_r = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_u = \frac{H_{maks}}{n} = \frac{17720}{4} = 4430 \text{ kg}$$

$$f = \frac{H_u}{(9 \cdot C_r \cdot D)} = \frac{4430}{(9 \cdot 1,250 \cdot 0,4)} = 0,98 \text{ m}$$

$$L_1 = f + 1,5 D = 0,98 + 1,5 \cdot 0,4 = 1,58 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,2 \cdot L_1 = 2,2 \cdot 1,58 = 3,48 \text{ m}$$

Panjang tiang yang ada 11 m > L₂ (termasuk tiang panjang)

$$H_o = \frac{H_u}{D} = \frac{4430}{0,4} = 11075 \text{ kg/m}$$

$$K_y = \frac{H_o}{(C_r \cdot D)} = \frac{11075}{(1,250 \cdot 0,4)} = 22$$

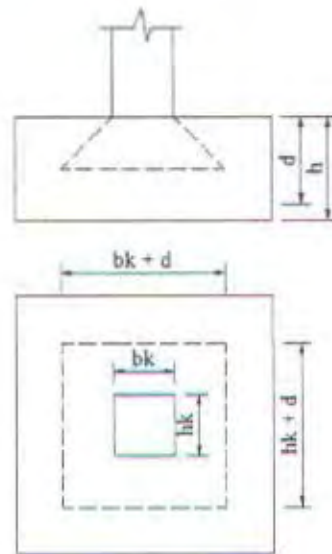
Dari grafik diperoleh K_x = 18

$$M_o = K_x \cdot C_r \cdot D^2$$

$$= 18 \cdot 1,250 \cdot 0,4^2$$

$$= 3600 \text{ kgm} < M_{bahan} = 8,25 \text{ Tm} \dots(\text{OK})$$

7.7.3 Kontrol Geser Pons pada Poer



- Output SAP 90 (beban berfaktor)

$$P_v = 272 \text{ T}$$

Data perencanaan

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 350 \text{ Mpa}$$

$$t_{\text{poer}} = 1000 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tul}} = 25 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 70 - 25/2 = 917,5 \text{ mm}$$

$$b_o = 2(bk + d) + 2(hk + d) \\ = 2(600 + 917,5) + 2(600 + 917,5) = 6070 \text{ mm}$$

$$\beta_c = 600/600 = 1$$

$$\phi V_c = \phi \left[1 + \frac{2}{\beta_c} \right] \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,6 \left[1 + \frac{2}{1} \right] \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 6070 \cdot 917,5 \\
 &= 9151170 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tidak boleh lebih besar dari

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\
 &= 0,6 \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 6070 \cdot 917,5 \\
 &= 6097456 \text{ N (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$P_u = 2720000 \text{ N} < \phi V_c = 6097456 \text{ N}$$

Tebal poer mencukupi untuk memikul beban terpusat dari kolom.

7.7.4 Penulangan Lentur Poer

Output SAP 90 (beban berfaktor)

$$P_u = 272 \text{ T}$$

$$M_x = 13,54 \text{ Tm}$$

$$M_y = 51,40 \text{ Tm}$$

$$H_x = 17,72 \text{ T}$$

$$H_y = 5,02 \text{ T}$$

P_{maks} 1 tiang

$$\Sigma P = 272 + 62 = 334 \text{ T}$$

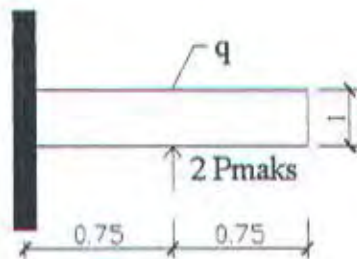
$$\Sigma x^2 = 2(2 \cdot 0,75^2) = 2,25 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = 2(2 \cdot 0,75^2) = 2,25 \text{ m}^2$$

$$Mx_{\text{total}} = Mx + Hy \cdot t = 13,54 + 5,02 \cdot 1 = 63,74 \text{ Tm}$$

$$My_{\text{total}} = My + Hx \cdot t = 51,40 + 17,72 \cdot 1 = 69,12 \text{ Tm}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{maks}} &= \frac{\sum P}{n} + \frac{Mx \cdot Y_{\text{maks}}}{\sum Y^2} + \frac{My \cdot X_{\text{maks}}}{\sum X^2} \\ &= \frac{334}{4} + \frac{63,74 \cdot 0,75}{2,25} + \frac{69,12 \cdot 0,75}{2,25} \\ &= 128 \text{ T} \end{aligned}$$



Beban merata poer (q)

$$q = 1 \cdot 3 \cdot 2,4 = 7,2 \text{ T/m}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 2 \cdot P_{\text{maks}} \cdot L - (0,5 \cdot q \cdot L^2) \\ &= 2 \cdot 128 \cdot 0,75 - (0,5 \cdot 7,2 \cdot 1,5^2) \\ &= 184 \text{ Tm} \end{aligned}$$

> Penulangan arah (X)

$$d_x = 1000 - 70 - 25/2 = 917,5 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{184000000}{0,8 \cdot 3000 \cdot 917,5^2} = 0,911$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{350} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,911}{0,85 \cdot 30}} \right] \\ &= 0,00265 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{350} = 0,004$$

$$\rho_{\max} = 0,0293$$

$$\rho_{\text{ait}} = 1,3 \cdot 0,00265 = 0,00345$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{ait}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,00345 \cdot 3000 \cdot 917,5 \\ &= 9484 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 20 D 25 (9820 mm²) atau D25 – 145 mm

$$A_s' = 50 \% \cdot 9484 = 4742 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 10 D 25 (4910 mm²) atau D25 – 300 mm

> Penulangan arah (Y)

$$d_x = 1000 - 70 - 25 - 25/2 = 892,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1840000000}{0,8 \cdot 3000 \cdot 892,5^2} = 0,962$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{350} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,962}{0,85 \cdot 30}} \right] \\ &= 0,0028 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{350} = 0,004$$

$$\rho_{\max} = 0,0293$$

$$\rho_{\text{ait}} = 1,3 \cdot 0,0028 = 0,0036$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{ait}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0036 \cdot 3000 \cdot 892,5 \\ &= 9760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 20 D 25 (9820 mm²) atau D25 – 145 mm

$$A_s' = 50\% \cdot 9760 = 4880 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 10 D 25 (4910 mm²) atau D25 – 300 mm

> Penulangan Geser Lentur Poer

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.

$$d = 917,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 2 \cdot P_{\max} - q \cdot L \\ &= 2 \cdot 128 - 7,2 \cdot 3 = 234 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 3000 \cdot 917,5 \\ &= 1507606 \text{ N} \end{aligned}$$

Spasi Maksimum Tulangan Geser

$$A_v = 982 \text{ mm}^2 \text{ (2 kaki)}$$

$$\begin{aligned} d^* &= d_c + 2 \cdot D_{\text{tul utama}} \\ &= 70 + 2 \cdot 25 = 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_u - \phi V_c)} \\ &= \frac{0,6 \cdot 982 \cdot 350 \cdot 917,5}{(2340000 - 1507606)} \\ &= 227 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{ada}} &= \frac{B_{\text{poer}} - 2 \cdot d^*}{n_{\text{tul utama}} - 1} \\ &= \frac{3000 - 2 \cdot 120}{20 - 1} \\ &= 145 \text{ mm} < S_{\text{perlu}} = 227 \text{ mm} \quad \dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

7.7.5 Perencanaan Sloof

Dalam perencanaan ini dimensi dari sloof (tie beam) adalah 40 x 70 cm untuk semua sloof, dan direncanakan berdasarkan 10 % dari gaya aksial kolom terbesar, yaitu $P_u = 272 \text{ T}$

> Kontrol Tegangan Tarik Ijin Beton

Penentuan dimensi dari sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan ijin.

$$f_{ct} = f_r$$

$$= 0,7 \cdot \sqrt{f_c'} = 0,7 \cdot \sqrt{30} = 3,83 \text{ Mpa}$$

$$f_{r,yg \text{ terjadi}} = \frac{N_u}{\phi \cdot b \cdot h} = \frac{0,1 \cdot 2720000}{0,6 \cdot 400 \cdot 700} = 1,62 \text{ Mpa} < f_{ct} \dots (\text{OK})$$

> Penulangan Lentur Sloof

$$P_u = 272 \text{ T}$$

$$N_u = 10\% \cdot P_u = 27,2 \text{ T}$$

$$\text{Berat sendiri sloof } (0,4 \cdot 0,7) \cdot 2,4 = 0,672 \text{ T/m}$$

$$\text{Berat tembok } (4 \cdot 250) = 1 \text{ T/m}$$

$$\text{Berat tangga} = 1,514 \text{ T/m}$$

$$q_u = 1,2 (0,672 + 1 + 1,514) = 3,82 \text{ T/m}$$

$$M_u = 1/12 \cdot q_u \cdot L^2$$

$$= 1/12 \cdot 3,82 \cdot 5^2$$

$$= 7,96 \text{ Tm}$$

$$\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} = \frac{M_u}{A_g \cdot h} = \frac{79600000}{400 \cdot 700^2} = 0,406$$

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{N_u}{A_g} = \frac{272000}{400 \cdot 700} = 0,971$$

Dari diagram interaksi didapat $\rho = 1\%$

$$A_s = 0,01 \cdot 400 \cdot 700 = 2800 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 10 D 19 (2830 mm²)

> Penulangan Geser Sloof

$$q_u = 3,82 \text{ T/m}$$

$$V_u = 1/2 \cdot q_u \cdot L = 1/2 \cdot 3,82 \cdot 5 = 9,55 \text{ T}$$

$$d = 700 - 70 - 12 - 19/2 = 608,5 \text{ mm}$$

Kuat geser nominal yang mampu dipikul beton

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \cdot \left[1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right] \\ &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 608,5 \cdot \left[1 + \frac{272000}{14 \cdot 400 \cdot 700} \right] \\ &= 142215 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u = 95500 \text{ N} < \phi V_c = 142215 \text{ N}$$

Tidak perlu tulangan geser hanya dipasang tulangan praktis $\phi 12 - 250 \text{ mm}$

» Kontrol Sloof Sebelum Beton Retak

Dalam kondisi ini beton dan tulangan bersama – sama memikul gaya tarik. Jika tegangan beton yang terjadi telah melampaui tegangan retak (f_r), maka beton akan mengalami retak.

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 0,7 \sqrt{30} = 3,83 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{30} = 25743 \text{ Mpa}$$

$$n = E_s / E_c = 200000 / 25743 = 7,77$$

$$\begin{aligned} A_s &= A_s^* = 4 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) \\ &= 4 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot 19^2) = 1134 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_t &= A_g + (n-1) \cdot A_s \\ &= (400 \cdot 700) + (7,77 - 1) \cdot 1134 \\ &= 287677 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$W = \frac{I}{y} = \frac{1/12 \cdot b \cdot h^3}{1/2 \cdot h} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 400 \cdot 700^2 = 32666667 \text{ Mpa}$$

$$f = \frac{Nu}{At} + \frac{Mu}{W} = \frac{272000}{287677} + \frac{96400000}{32666667} = 3,81 \text{ Mpa}$$

$$f < f_r \text{ (beton belum retak)(OK)}$$

> Kontrol Sloof Setelah Beton Retak

Pada kondisi ini yang menerima gaya tarik adalah tulangan baja saja, sedangkan beton sudah tidak dapat menerima gaya tarik lagi. Dan tegangan yang terjadi harus dibawah tegangan tarik ijin dari tulangan yang digunakan.

$$f_{t \text{ ijin}} = 0,75 f_y = 0,75 \cdot 350 = 262,5 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d_t &= h/2 - d_c - \phi_{\text{senggang}} - 0,5 D_{\text{tul. utama}} \\ &= 700/2 - 70 - 12 - 0,5 \cdot 19 \\ &= 258,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$W_s = 2 \cdot A_s \cdot d_t = 2 \cdot 1134 \cdot 258,5 = 586278 \text{ mm}^2$$

$$f = \frac{Nu}{A_s} + \frac{Mu}{W_s} = \frac{272000}{2830} + \frac{79600000}{586278} = 231 \text{ Mpa}$$

$$f < f_{t \text{ ijin}} \text{ (Tulangan cukup kuat untuk menerima gaya tarik)(OK)}$$

7.8 Perhitungan Pondasi Type 2 (untuk 2 Kolom Dilatasi)

7.8.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal (Q_p)

Direncanakan menggunakan tiang pancang produksi WIKA type 450 A1 dengan spesifikasi bahan :

$$M_{ult} = 11,75 \text{ tm}$$

$$P_{ijin} = 139 \text{ t}$$

$$D = 45 \text{ cm}$$

Berdasarkan hasil uji SPT (Standart Penetrasion Test) tiang direncanakan dipancang sedalam 13 m dari muka tanah.

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$$

$$N_p = (N_1 + N_2 + N_3)/3 \\ = (33 + 36 + 34)/3 = 34,33 \text{ blows/ft}$$

$$K = 25 \text{ t/m}^2 \text{ (untuk tanah lanau berpasir)}$$

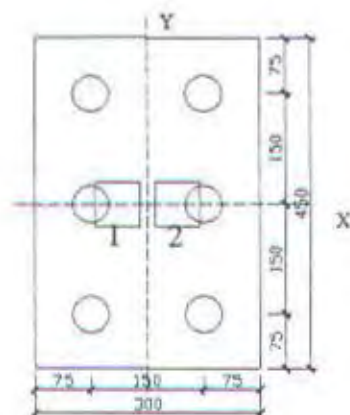
$$A_p = (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) = (0,25 \cdot \pi \cdot 0,45^2) = 0,159 \text{ m}^2$$

$$N_s = \frac{24 + 24 + 23 + 15 + 9 + 15 + 23 + 28 + 32 + 33 + 36 + 35}{12} = 25$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 0,45 \cdot 11 = 15,55 \text{ m}^2$$

$$Q_p = \left[\frac{(N_p \cdot K) \cdot A_p}{2} \right] + \left[\frac{[(N_s/3) + 1] \cdot A_s}{3} \right] \\ = \left[\frac{(34,33 \cdot 25) \cdot 0,159}{2} \right] + \left[\frac{[(25/3) + 1] \cdot 15,55}{3} \right] \\ = 117 \text{ T}$$

Direncanakan menggunakan 6 buah tiang pancang



Effisiensi Tiang Pancang

$$\begin{aligned}
 \text{Eff} &= 1 - \text{arc tg} \left[\frac{D}{S} \right] \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \\
 &= 1 - \text{arc tg} \left[\frac{0,45}{1,5} \right] \frac{(3-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 3}{90 \cdot 2 \cdot 3} \\
 &= 0,784
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ijin 1 tiang}} &= Q_p \cdot \text{Eff} \\
 &= 117 \cdot 0,784 \\
 &= 92 \text{ T}
 \end{aligned}$$

> Beban Maksimum pada Tiang Akibat Aksial & Momen

- Output SAP90 pada pembebanan (mati + hidup)

Kolom 1	Kolom 2	Total
P = 151 T	P = 151 T	P = 302 T
Mx = 1,59 Tm	Mx = 1,56 Tm	Mx = 3,15 Tm
My = 1,14 Tm	My = 1,03 Tm	My = 2,17 Tm
Hx = 0,63 T	Hx = 0,60 T	Hx = 1,23 T
Hy = 0,95 T	Hy = 0,95 T	Hy = 1,90 T

Beban tambahan yang bekerja pada pile cap

$$\begin{aligned}
 - \text{Beban poer} &= (3 \cdot 4,5) \cdot 1 \cdot 2,4 &= 32,4 \text{ T} \\
 - \text{Beban sloof} &= (0,4 \cdot 0,7) \cdot 5,15 \cdot 2,4 &= 3,461 \text{ T} \\
 - \text{Beban tembok} &= (4 \cdot 0,250) \cdot 5,15 &= 5,15 \text{ T} \\
 - \text{Beban tanah urug} &= [(3 \cdot 4,5) - (0,6 \cdot 0,6 \cdot 2)] \cdot 1,7 \cdot 1 &= 21,726 \text{ T} \\
 & &= 62,737 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$P_{\text{maks 1 tiang pancang}}$

$$\Sigma P = 302 + 63 = 420 \text{ T}$$

$$\sum X^2 = 2(2 \cdot 0,75^2) = 3,375 \text{ m}^2$$

$$\sum Y^2 = 2(3 \cdot 1,5^2) = 9 \text{ m}^2$$

$$Mx_{\text{total}} = Mx + Hy \cdot t = 3,15 + 1,90 \cdot 1 = 5,05 \text{ Tm}$$

$$My_{\text{total}} = My + Hx \cdot t = 2,17 + 1,23 \cdot 1 = 3,40 \text{ Tm}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{maks}} &= \frac{\sum P}{n} + \frac{Mx \cdot Y_{\text{maks}}}{\sum Y^2} + \frac{My \cdot X_{\text{maks}}}{\sum X^2} \\
 &= \frac{420}{6} + \frac{5,05 \cdot 1,5}{9} + \frac{3,4 \cdot 0,75}{3,375} \\
 &= 72 \text{ T} < P_{\text{ijin}} = 92 \text{ T} \dots (\text{OK}) \\
 &\quad < P_{\text{bahan}} = 139 \text{ T} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

- Output SAP90 pada pembebanan (mati + hidup + gempa)

Kolom 1	Kolom 2	Total
P = 195 T	P = 173 T	P = 368 T
Mx = 31,23 Tm	Mx = 40 Tm	Mx = 71,23 Tm
My = 13 Tm	My = 9,70 Tm	My = 22,70 Tm
Hx = 3,63 T	Hx = 2,2 T	Hx = 5,83 T
Hy = 10,35 T	Hy = 10,57 T	Hy = 21 T

Momen tambahan akibat eksentrisitas kolom

$$My1 = 195 \cdot 0,4 = 78 \text{ Tm}$$

$$\begin{aligned}
 My2 &= 173 \cdot 0,4 = \underline{69,2 \text{ Tm}} \\
 &= 8,8 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

P_{maks} 1 tiang pancang

$$\sum P = 368 + 63 = 431 \text{ T}$$

$$\Sigma X^2 = 2(3 \cdot 0,75^2) = 3,375 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 2(2 \cdot 1,5^2) = 9 \text{ m}^2$$

$$Mx_{\text{total}} = Mx + Hy \cdot t = 63,17 + 20,92 \cdot 1 = 85 \text{ Tm}$$

$$My_{\text{total}} = My + Hx \cdot t = 22,48 + 8,8 + 5,83 \cdot 1 = 28,31 \text{ Tm}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{maks}} &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{Mx \cdot Y_{\text{maks}}}{\Sigma Y^2} + \frac{My \cdot X_{\text{maks}}}{\Sigma X^2} \\ &= \frac{431}{6} + \frac{92,23 \cdot 1,5}{9} + \frac{37,33 \cdot 0,75}{3,375} \\ &= 96 \text{ T} < P_{\text{ijin}} = 92 \cdot 1,5 = 138 \text{ T} \dots(\text{OK}) \\ &< P_{\text{bahan}} = 139 \text{ T} \dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

7.8.2 Kontrol Tiang Terhadap Gaya Lateral

Gaya lateral yang bekerja pada pondasi

$$Hx = 5,83 \text{ T}$$

$$Hy = 21,92 \text{ T}$$

$$C_r = 0,5 \cdot C_u$$

$$C_u = \text{diambil } 2,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_r = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_u = \frac{H_{\text{maks}}}{n} = \frac{21920}{6} = 3653 \text{ kg}$$

$$f = \frac{H_u}{(9 \cdot C_r \cdot D)} = \frac{3653}{(9 \cdot 1,250 \cdot 0,45)} = 0,72 \text{ m}$$

$$L_1 = f + 1,5 D = 0,72 + 1,5 \cdot 0,45 = 1,39 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,2 \cdot L_1 = 2,2 \cdot 1,39 = 3,07 \text{ m}$$

Panjang tiang yang ada 11 m > L₂ (termasuk tiang panjang)

$$H_o = \frac{H_u}{D} = \frac{3653}{0,45} = 8118 \text{ kg/m}$$

$$K_y = \frac{H_o}{(C_r \cdot D)} = \frac{8118}{(1250 \cdot 0,45)} = 14,43$$

Dari grafik diperoleh $K_x = 15$

$$M_o = K_x \cdot C_r \cdot D^2$$

$$= 15 \cdot 1250 \cdot 0,45^2$$

$$= 3796 \text{ kgm} < M_{\text{bahan}} = 11,25 \text{ Tm} \dots (\text{OK})$$

7.8.3 Kontrol Geser Pons pada Poer



- Output SAP 90 (beban berfaktor)

Kolom 1	Kolom 2	Total
$P_u = 202 \text{ T}$	$P_u = 179 \text{ T}$	$P_u = 381 \text{ T}$
$M_x = 32,75 \text{ Tm}$	$M_x = 33,49 \text{ Tm}$	$M_x = 66,24 \text{ Tm}$
$M_y = 13,37 \text{ Tm}$	$M_y = 10,24 \text{ Tm}$	$M_y = 23,61 \text{ Tm}$
$H_x = 3,78 \text{ T}$	$H_x = 2,34 \text{ T}$	$H_x = 6,12 \text{ T}$
$H_y = 10,84 \text{ T}$	$H_y = 11,08 \text{ T}$	$H_y = 21,92 \text{ T}$

Data perencanaan

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 350 \text{ Mpa}$$

$$t_{\text{poer}} = 1000 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tul}} = 25 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 70 - 25/2 = 917,5 \text{ mm}$$

$$b_o = 2(600 + 917,5) + 2(600 + 200 + 600 + 917,5) = 7670 \text{ mm}$$

$$\beta_c = 1400/600 = 2,33$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left[1 + \frac{2}{\beta_c} \right] \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= 0,6 \left[1 + \frac{2}{2,33} \right] \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 7670 \cdot 917,5 \\ &= 7162985 \text{ N} \end{aligned}$$

Tidak boleh lebih besar dari

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\ &= 0,6 \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 7670 \cdot 917,5 \\ &= 7708894 \text{ N (menentukan)} \end{aligned}$$

$$P_u = 4030000 \text{ N} < \phi V_c = 7162985 \text{ N}$$

Tebal poer mencukupi untuk memikul beban terpusat dari kolom.

7.8.4 Penulangan Lentur Poer

Output SAP 90 (beban berfaktor)

$$P_u = 381 \text{ T}$$

$$M_x = 66,24 \text{ Tm}$$

$$M_y = 23,61 \text{ Tm}$$

$$H_x = 6,12 \text{ T}$$

$$H_y = 21,92 \text{ T}$$

P_{maks} 1 tiang

$$\Sigma P = 381 + 63 = 444 \text{ T}$$

$$\Sigma x^2 = 2(3 \cdot 0,75^2) = 3,375 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = 2(2 \cdot 1,5^2) = 9 \text{ m}^2$$

Momen tambahan akibat eksentrisitas kolom

$$M_{y1} = 202 \cdot 0,4 = 80,8 \text{ Tm}$$

$$M_{y2} = 179 \cdot 0,4 = 71,6 \text{ Tm}$$

$$= 9,2 \text{ Tm}$$

$$M_{x \text{ total}} = M_x + H_y \cdot t = 66,24 + 21,92 \cdot 1 = 88,16 \text{ Tm}$$

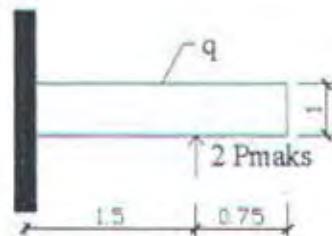
$$M_{y \text{ total}} = M_y + H_x \cdot t = 23,61 + 9,2 + 6,12 \cdot 1 = 38,93 \text{ Tm}$$

$$P_{maks} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x \cdot Y_{maks}}{\Sigma Y^2} + \frac{M_y \cdot X_{maks}}{\Sigma X^2}$$

$$= \frac{444}{6} + \frac{88,16 \cdot 1,5}{9} + \frac{37,33 \cdot 0,75}{3,375}$$

$$= 97 \text{ T}$$

> Penulangan Arah (X)



Beban merata poer (q)

$$q = 1 \cdot 3 \cdot 2,4 = 7,2 \text{ T/m}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 2 \cdot P_{maks} \cdot L - (0,5 \cdot q \cdot L^2) \\ &= 2 \cdot 97 \cdot 1,5 - (0,5 \cdot 7,2 \cdot 2,25^2) \\ &= 273 \text{ Tm} \end{aligned}$$

$$d_x = 1000 - 70 - 25/2 = 917,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{273000000}{0,8 \cdot 3000 \cdot 917,5^2} = 1,351$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 30}{350} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,351}{0,85 \cdot 30}} \right]$$

$$= 0,004$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{350} = 0,004$$

$$\rho_{maks} = 0,0293$$

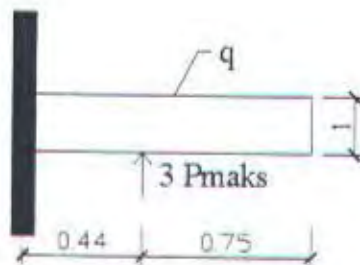
$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,004 \cdot 3000 \cdot 917,5 \\ &= 11010 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 23 D 25 (11293 mm²) atau D25 – 125 mm

$$A_s' = 50\% \cdot 11010 = 5505 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 12 D 25 (5892 mm²) atau D25 – 250 mm

> Penulangan Arah (Y)



Beban merata poer (q)

$$q = 1 \cdot 4,5 \cdot 2,4 = 10,8 \text{ T/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 3 \cdot P_{maks} \cdot L - (0,5 \cdot q \cdot L^2) \\ &= 3 \cdot 97 \cdot 0,44 - (0,5 \cdot 10,8 \cdot 1,19^2) \\ &= 120 \text{ Tm} \end{aligned}$$

$$d_y = 1000 - 70 - 25 - 25/2 = 892,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{120000000}{0,8 \cdot 4500 \cdot 892,5^2} = 0,418$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{350} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,418}{0,85 \cdot 30}} \right] \\ &= 0,00121 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{350} = 0,004$$

$$\rho_{\max} = 0,0293$$

$$\rho_{\text{ait}} = 1,3 \cdot 0,00121 = 0,00157$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{ait}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,00157 \cdot 4500 \cdot 892,5 \\ &= 6295 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 13 D 25 (6383 mm²) atau D25 – 350 mm

$$A_s' = 50\% \cdot 6295 = 3148 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 7 D 25 (3437 mm²) atau D25 – 700 mm

➤ Penulangan Geser Lentur Poer

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.

▪ Penulangan Geser Lentur Arah (X)

$$d = 917,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 2 \cdot P_{\text{maks}} - q \cdot L \\
 &= 2 \cdot 97 - 7,2 \cdot 3 \\
 &= 173 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\
 &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 3000 \cdot 917,5 \\
 &= 1507606 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Spasi Maksimum Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 A_v &= 491 \text{ mm}^2 \text{ (1kaki)} \\
 d' &= d_c + 2 \cdot D_{\text{tul utama}} \\
 &= 70 + 2 \cdot 25 = 120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_u - \phi V_c)} \\
 &= \frac{0,6 \cdot 491 \cdot 350 \cdot 917,5}{(1730000 - 1507606)} \\
 &= 425 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{ada}} &= \frac{B_{\text{poer}} - 2 \cdot d'}{n_{\text{tul utama}} - 1} \\
 &= \frac{3000 - 2 \cdot 120}{23 - 1} \\
 &= 125 \text{ mm} < S_{\text{perlu}} = 425 \text{ mm} \dots \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

▪ Penulangan Geser Lentur Arah (Y)

$$d = 1000 - 70 - 25 - 25/2 = 892,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 3 \cdot P_{\text{maks}} - q \cdot L \\ &= 3 \cdot 97 - 10,8 \cdot 4,5 \\ &= 243 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 4500 \cdot 892,5 \\ &= 2199791 \text{ N} \end{aligned}$$

Spasi Maksimum Tulangan Geser

$$A_v = 491 \text{ mm}^2 \text{ (1 kaki)}$$

$$\begin{aligned} d' &= d_c + 2 \cdot D_{\text{tul utama}} \\ &= 70 + 2 \cdot 25 = 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_u - \phi V_c)} \\ &= \frac{0,6 \cdot 491 \cdot 350 \cdot 892,5}{(2430000 - 2199791)} \\ &= 399 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{ada}} &= \frac{B_{\text{poer}} - 2 \cdot d'}{n_{\text{tul utama}} - 1} \\ &= \frac{4500 - 2 \cdot 120}{13 - 1} \\ &= 350 \text{ mm} < S_{\text{perlu}} = 399 \text{ mm} \dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

7.9 Perencanaan Sloof Type 2

> Kontrol Tegangan Tarik Ijin Beton

Penentuan dimensi dari sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan ijin.

$$f_{ct} = f_r \\ = 0,7 \cdot \sqrt{f_c'} = 0,7 \cdot \sqrt{30} = 3,83 \text{ Mpa}$$

$$f_r \text{ yg terjadi} = \frac{N_u}{\phi \cdot b \cdot h} = \frac{0,1.3810000}{0,6 \cdot 400 \cdot 700} = 2,28 \text{ Mpa} < f_{ct} \dots (\text{OK})$$

> Penulangan Lentur Sloof

$$P_u = 381 \text{ T}$$

$$N_u = 10\% \cdot P_u = 38,1 \text{ T}$$

$$\text{Berat sendiri sloof } (0,4 \cdot 0,7) \cdot 2,4 = 0,672 \text{ T/m}$$

$$\text{Berat tembok } (4 \cdot 250) = 1 \text{ T/m}$$

$$q_u = 1,2 (0,672 + 1) = 2 \text{ T/m}$$

$$M_u = 1/12 \cdot q_u \cdot L^2 \\ = 1/12 \cdot 2 \cdot 3,25^2 \\ = 1,76 \text{ Tm}$$

$$\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} = \frac{M_u}{A_g \cdot h} = \frac{17600000}{400 \cdot 700^2} = 0,089$$

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{N_u}{A_g} = \frac{381000}{400 \cdot 700} = 1,36$$

Dari diagram interaksi didapat $\rho = 1\%$

$$A_s = 0,01 \cdot 400 \cdot 700 = 2800 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 10 D 19 (2830 mm²)

> **Penulangan Geser Sloof**

$$q_u = 2 \text{ T/m}$$

$$V_u = 1/2 \cdot q_u \cdot L = 1/2 \cdot 2 \cdot 3,25 = 3,25 \text{ T}$$

$$d = 700 - 70 - 12 - 19/2 = 608,5 \text{ mm}$$

Kuat geser nominal yang mampu dipikul beton

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \cdot \left[1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right] \\ &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 608,5 \cdot \left[1 + \frac{381000}{14 \cdot 400 \cdot 700} \right] \\ &= 146273 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u = 32500 \text{ N} < \phi V_c = 142215 \text{ N}$$

Tidak perlu tulangan geser hanya dipasang tulangan praktis $\phi 12 - 250 \text{ mm}$

> **Kontrol Sloof Sebelum Beton Retak**

Dalam kondisi ini beton dan tulangan bersama - sama memikul gaya tarik. Jika tegangan beton yang terjadi setelah melampaui tegangan retak (f_r), maka beton akan mengalami retak.

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c'} = 0,7 \sqrt{30} = 3,83 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{30} = 25743 \text{ Mpa}$$

$$n = E_s/E_c = 200000/25743 = 7,77$$

$$A_s = A_s' = 4 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot D^2)$$

$$= 4 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot 19^2) = 1134 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_t &= A_g + (n-1) \cdot A_s \\
 &= (400 \cdot 700) + (7,77 - 1) \cdot 1134 \\
 &= 287677 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$W = \frac{I}{y} = \frac{1/12 \cdot b \cdot h^3}{1/2 \cdot h} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 400 \cdot 700^2 = 32666667 \text{ Mpa}$$

$$f = \frac{N_u}{A_t} + \frac{M_u}{W} = \frac{381000}{287677} + \frac{17600000}{32666667} = 1,86 \text{ Mpa}$$

$f < f_r$ (beton belum retak)(OK)

> Kontrol Sloof Setelah Beton Retak

Pada kondisi ini yang menerima gaya tarik adalah tulangan baja saja, sedangkan beton sudah tidak dapat menerima gaya tarik lagi. Dan tegangan yang terjadi harus dibawah tegangan tarik ijin.

$$f_{t \text{ ijin}} = 0,75 f_y = 0,75 \cdot 350 = 262,5 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 d_1 &= h/2 - d_c - \phi_{\text{senggang}} - 0,5 D_{\text{tul. utama}} \\
 &= 700/2 - 70 - 12 - 0,5 \cdot 19 \\
 &= 258,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$W_s = 2 \cdot A_s \cdot d_1 = 2 \cdot 1134 \cdot 258,5 = 586278 \text{ mm}^2$$

$$f = \frac{N_u}{A_s} + \frac{M_u}{W_s} = \frac{381000}{2830} + \frac{17600000}{586278} = 165 \text{ Mpa}$$

$f < f_{t \text{ ijin}}$ (Tulangan cukup kuat untuk menerima gaya tarik) ... (OK)

7.10 Perhitungan Pondasi Type 3 (untuk 2 Kolom Koridor)

7.10.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal (Q_p)

Direncanakan menggunakan tiang pancang produksi WIKA type 500 A1 dengan spesifikasi bahan :

$$M_{ult} = 15,75 \text{ tm}$$

$$P_{ijin} = 173 \text{ t}$$

$$D = 50 \text{ cm}$$

Berdasarkan hasil uji SPT (Standart Penetrasion Test) tiang direncanakan dipancang sedalam 13 m dari muka tanah.

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$$

$$N_p = (N_1 + N_2 + N_3) / 3 \\ = (33 + 36 + 40) / 3 = 36,33 \text{ blows/ft}$$

$$K = 25 \text{ t/m}^2 \text{ (untuk tanah lanau berpasir)}$$

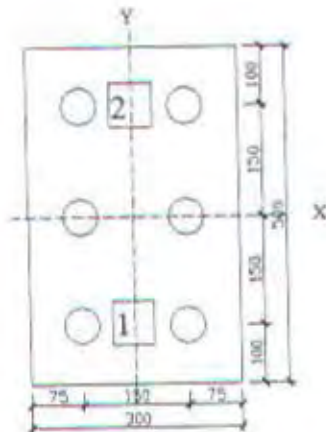
$$A_p = (0,25 \cdot \pi \cdot D^2) = (0,25 \cdot \pi \cdot 0,5^2) = 0,196 \text{ m}^2$$

$$N_s = \frac{24 + 24 + 23 + 15 + 9 + 15 + 23 + 28 + 32 + 33 + 36 + 35}{12} = 25$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 0,5 \cdot 11 = 17,3 \text{ m}^2$$

$$Q_p = \left[\frac{(N_p \cdot K) \cdot A_p}{2} \right] + \left[\frac{[(N_s/3) + 1] \cdot A_s}{3} \right] \\ = \left[\frac{(36,33 \cdot 25) \cdot 0,196}{2} \right] + \left[\frac{[(25/3) + 1] \cdot 17,3}{3} \right] \\ = 143 \text{ T}$$

Direncanakan menggunakan 6 buah tiang pancang (D 50 cm)



Effisiensi Tiang Pancang

$$\begin{aligned} \text{Eff} &= 1 - \text{arc tg} \left[\frac{D}{S} \right] \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \\ &= 1 - \text{arc tg} \left[\frac{0,5}{1,5} \right] \frac{(3-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 3}{90 \cdot 2 \cdot 3} \\ &= 0,761 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin 1 tiang}} &= Q_p \cdot \text{Eff} \\ &= 143 \cdot 0,761 \\ &= 109 \text{ T} \end{aligned}$$

- > Beban Maksimum pada Tiang Akibat Aksial & Momen
- Output SAP90 pada pembebanan (mati + hidup)

Kolom 1	Kolom 2	Total
P = 247 T	P = 247 T	P = 494 T
Mx = 1,86 Tm	Mx = 2,09 Tm	Mx = 3,95 Tm
My = 1,36 Tm	My = 3,34 Tm	My = 6,70 Tm
Hx = 2,03 T	Hx = 2,02 T	Hx = 4,05 T
Hy = 1,18 T	Hy = 1,24 T	Hy = 2,42 T

Beban tambahan yang bekerja pada pile cap

- Beban poer	$= (3 \cdot 5) \cdot 1 \cdot 2,4$	$= 36 \text{ T}$
- Beban sloof	$= (0,4 \cdot 0,7) \cdot 10,5 \cdot 2,4$	$= 7,1 \text{ T}$
- Beban tembok	$= (4 \cdot 0,250) \cdot 5,9$	$= 5,9 \text{ T}$
- Beban tnh urug	$= [(3 \cdot 5) - (0,6 \cdot 0,6 \cdot 2)] \cdot 1,7 \cdot 1$	$= 24,3 \text{ T}$
- Beban tangga		$= 34,8 \text{ T}$
		$= 108,1 \text{ T}$

P_{maks} 1 tiang pancang

$$\Sigma P = 494 + 108 = 602 \text{ T}$$

$$\Sigma X^2 = 2(2 \cdot 0,75^2) = 3,375 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 2(3 \cdot 1,5^2) = 9 \text{ m}^2$$

$$Mx_{total} = Mx + Hy \cdot t = 3,95 + 2,42 \cdot 1 = 6,37 \text{ Tm}$$

$$My_{total} = My + Hx \cdot t = 6,70 + 4,05 \cdot 1 = 10,75 \text{ Tm}$$

$$\begin{aligned}
 P_{maks} &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{Mx \cdot Y_{maks}}{\Sigma Y^2} + \frac{My \cdot X_{maks}}{\Sigma X^2} \\
 &= \frac{602}{6} + \frac{6,37 \cdot 1,5}{9} + \frac{10,75 \cdot 0,75}{3,375} \\
 &= 104 \text{ T} < P_{ijin} = 109 \text{ T} \dots \text{(OK)} \\
 &< P_{bahan} = 173 \text{ T} \dots \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

- Output SAP90 pada pembebanan (mati + hidup + gempa)

Kolom 1	Kolom 2	Total
$P = 248 \text{ T}$	$P = 237 \text{ T}$	$P = 485 \text{ T}$
$Mx = 38,36 \text{ Tm}$	$Mx = 34,31 \text{ Tm}$	$Mx = 72,67 \text{ Tm}$
$My = 10,46 \text{ Tm}$	$My = 10,17 \text{ Tm}$	$My = 20,63 \text{ Tm}$
$Hx = 2,47 \text{ T}$	$Hx = 2,38 \text{ T}$	$Hx = 4,85 \text{ T}$
$Hy = 13,17 \text{ T}$	$Hy = 10,71 \text{ T}$	$Hy = 23,88 \text{ T}$

Momen tambahan akibat eksentrisitas kolom

$$Mx1 = 248 \cdot 1,5 = 372 \text{ Tm}$$

$$Mx2 = 237 \cdot 1,5 = \underline{355,5 \text{ Tm}}$$

$$= 16,5 \text{ Tm}$$

P_{maks} 1 tiang pancang

$$\Sigma P = 485 + 108 = 593 \text{ T}$$

$$\Sigma X^2 = 2(3 \cdot 0,75^2) = 3,375 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 2(2 \cdot 1,5^2) = 9 \text{ m}^2$$

$$Mx_{total} = Mx + Hy \cdot t = 72,67 + 16,50 + 23,88 \cdot 1 = 113,05 \text{ Tm}$$

$$My_{total} = My + Hx \cdot t = 20,63 + 4,85 \cdot 1 = 25,48 \text{ Tm}$$

$$P_{maks} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{Mx \cdot Y_{maks}}{\Sigma Y^2} + \frac{My \cdot X_{maks}}{\Sigma X^2}$$

$$= \frac{593}{6} + \frac{113,05 \cdot 1,5}{9} + \frac{25,48 \cdot 0,75}{3,375}$$

$$= 123 \text{ T} < P_{ijin} = 109 \cdot 1,5 = 164 \text{ T} \dots(\text{OK})$$

$$< P_{bahari} = 173 \text{ T} \dots(\text{OK})$$

7.10.2 Kontrol Tiang Terhadap Gaya Lateral

Gaya lateral yang bekerja pada pondasi

$$Hx = 5,14 \text{ T}$$

$$Hy = 25,08 \text{ T}$$

$$C_r = 0,5 \cdot C_u$$

$$C_u = \text{diambil } 2,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_r = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_u = \frac{H_{\text{maks}}}{n} = \frac{25080}{6} = 4180 \text{ kg}$$

$$f = \frac{H_u}{(9 \cdot C_r \cdot D)} = \frac{4180}{(9 \cdot 1250 \cdot 0,5)} = 0,74 \text{ m}$$

$$L_1 = f + 1,5 D = 0,74 + 1,5 \cdot 0,5 = 1,46 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,2 \cdot L_1 = 2,2 \cdot 1,46 = 3,212 \text{ m}$$

Panjang tiang yang ada 11 m > L_2 (termasuk tiang panjang)

$$H_o = \frac{H_u}{D} = \frac{4180}{0,5} = 8360 \text{ kg/m}$$

$$K_y = \frac{H_o}{(C_r \cdot D)} = \frac{8360}{(1250 \cdot 0,5)} = 13,38$$

Dari grafik diperoleh $K_x = 12$

$$M_o = K_x \cdot C_r \cdot D^2$$

$$= 12 \cdot 1250 \cdot 0,5^2$$

$$= 4688 \text{ kgm} < M_{\text{bahan}} = 11,25 \text{ Tm} \dots \text{(OK)}$$

7.10.3 Kontrol Geser Pons pada Poer



- Output SAP 90 (beban berfaktor)

Kolom 1	Kolom 2	Total
$P_u = 257 \text{ T}$	$P_u = 244 \text{ T}$	$P_u = 501 \text{ T}$
$M_x = 40,24 \text{ Tm}$	$M_x = 36,07 \text{ Tm}$	$M_x = 76,31 \text{ Tm}$
$M_y = 10,99 \text{ Tm}$	$M_y = 10,71 \text{ Tm}$	$M_y = 21,70 \text{ Tm}$
$H_x = 2,62 \text{ T}$	$H_x = 2,52 \text{ T}$	$H_x = 5,14 \text{ T}$
$H_y = 13,81 \text{ T}$	$H_y = 11,27 \text{ T}$	$H_y = 25,08 \text{ T}$

Data perencanaan

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 350 \text{ Mpa}$$

$$t_{\text{poer}} = 1000 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tul}} = 25 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 70 - 25/2 = 917,5 \text{ mm}$$

$$b_o = 2(600 + 917,5) + 2(600 + 917,5) = 6070 \text{ mm}$$

$$\beta_c = 1400/600 = 2,33$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi \left[1 + \frac{2}{\beta_c} \right] \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\
 &= 0,6 \left[1 + \frac{2}{1} \right] \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 6070 \cdot 917,5 \\
 &= 9151170 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tidak boleh lebih besar dari

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\
 &= 0,6 \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 6070 \cdot 917,5 \\
 &= 6100780 \text{ N (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$P_u = 2570000 \text{ N} < \phi V_c = 6100780 \text{ N}$$

Tebal poer mencukupi untuk memikul beban terpusat dari kolom.

7.10.4 Penulangan Lentur Poer

Output SAP 90 (beban berfaktor)

$$P_u = 501 \text{ T}$$

$$M_x = 76,31 \text{ Tm}$$

$$M_y = 21,70 \text{ Tm}$$

$$H_x = 5,14 \text{ T}$$

$$H_y = 25,08 \text{ T}$$

P_{maks} 1 tiang

$$\Sigma P = 501 + 108 = 609 \text{ T}$$

$$\Sigma X^2 = 2(3 \cdot 0,75^2) = 3,375 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 2(2 \cdot 1,5^2) = 9 \text{ m}^2$$

Momen tambahan akibat eksentrisitas kolom

$$M_{x1} = 257 \cdot 1,5 = 385,5 \text{ Tm}$$

$$M_{y2} = 244 \cdot 1,5 = 366 \text{ Tm}$$

$$= 19,5 \text{ Tm}$$

$$M_{x \text{ total}} = M_x + H_y \cdot t = 76,31 + 19,5 + 25,08 \cdot 1 = 120,89 \text{ Tm}$$

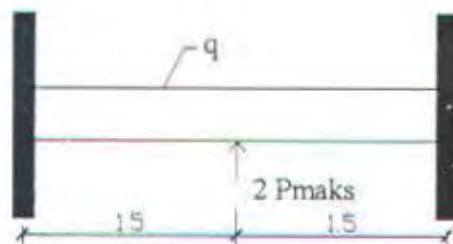
$$M_{y \text{ total}} = M_y + H_x \cdot t = 21,70 + 5,14 \cdot 1 = 26,84 \text{ Tm}$$

$$P_{\text{maks}} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x \cdot Y_{\text{maks}}}{\Sigma Y^2} + \frac{M_y \cdot X_{\text{maks}}}{\Sigma X^2}$$

$$= \frac{609}{6} + \frac{120,89 \cdot 1,5}{9} + \frac{26,84 \cdot 0,75}{3,375}$$

$$= 128 \text{ T}$$

> Penulangan Arah (X)



Beban merata poer (q)

$$q = 1 \cdot 3 \cdot 2,4 = 7,2 \text{ T/m}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 1/8 \cdot 2 \cdot P_{\text{maks}} \cdot L - (0,5 \cdot q \cdot L^2) \\ &= 1/8 \cdot 2 \cdot 128 \cdot 3 - (0,5 \cdot 7,2 \cdot 3^2) \\ &= 64 \text{ Tm} \end{aligned}$$

$$d_x = 1000 - 70 - 25/2 = 917,5 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{64000000}{0,8 \cdot 3000 \cdot 917,5^2} = 0,317$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot f_c'}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{350} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,317}{0,85 \cdot 30}} \right] \\ &= 0,00091 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{350} = 0,004$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0,0293$$

$$\rho_{\text{ait}} = 1,3 \cdot 0,00091 = 0,00118$$

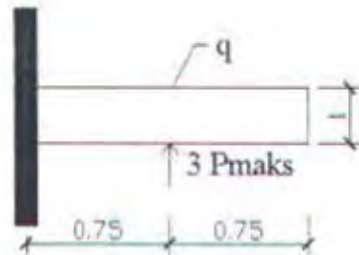
$$\begin{aligned} As &= \rho_{\text{ait}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,00117 \cdot 3000 \cdot 917,5 \\ &= 3259 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 7 D 25 (3437 mm²) atau D25 – 450 mm

$$As' = As = 3259 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 7 D 25 (3437 mm²) atau D25 – 450 mm

➤ Penulangan Arah (Y)



Beban merata poer (q)

$$q = 1 \cdot 5 \cdot 2,4 = 12 \text{ T/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 3 \cdot P_{\text{maks}} \cdot L - (0,5 \cdot q \cdot L^2) \\ &= 3 \cdot 128 \cdot 0,75 - (0,5 \cdot 12 \cdot 1,5^2) \\ &= 275 \text{ Tm} \end{aligned}$$

$$d_y = 1000 - 70 - 25 - 25/2 = 892,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{275000000}{0,8 \cdot 5000 \cdot 892,5^2} = 0,863$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{350} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,863}{0,85 \cdot 30}} \right] \\ &= 0,00251 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{350} = 0,004$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,0293$$

$$\rho_{\text{ait}} = 1,3 \cdot 0,00251 = 0,0033$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{ait}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0033 \cdot 5000 \cdot 892,5 \\ &= 14556 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 30 D 25 (14730 mm²) atau D25 – 160 mm

$$A_s' = 50 \% \cdot 14556 = 7278 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 15 D 25 (7365 mm²) atau D25 – 340 mm

➤ Penulangan Geser Lentur Poer

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.

▪ Penulangan Geser Lentur Arah (X)

$$\begin{aligned} d &= 917,5 \text{ mm} \\ V_u &= 0,5 \cdot 2 \cdot P_{\text{maks}} - 0,5 \cdot q \cdot L \\ &= 0,5 \cdot 2 \cdot 128 - 0,5 \cdot 7,2 \cdot 3 \\ &= 117 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 3000 \cdot 917,5 \\ &= 1507606 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u = 1170000 \text{ N} < \phi V_c = 1507606 \text{ N}$$

Tebal poer mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser.

▪ **Penulangan Geser Lentur Arah (Y)**

$$d = 1000 - 70 - 25 - 25/2 = 892,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 3 \cdot P_{\text{maks}} - q \cdot L \\ &= 3 \cdot 128 - 12 \cdot 5 \\ &= 324 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 5000 \cdot 892,5 \\ &= 2444212 \text{ N} \end{aligned}$$

Spasi Maksimum Tulangan Geser

$$A_v = 982 \text{ mm}^2 \text{ (2 kaki)}$$

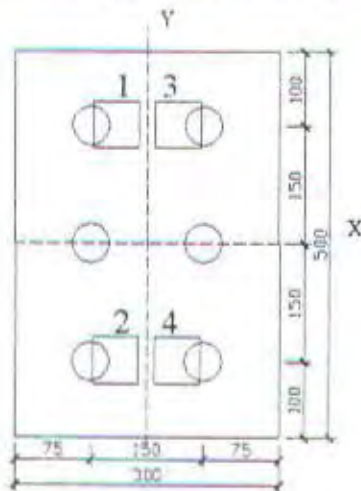
$$\begin{aligned} d^* &= d_c + 2 \cdot D_{\text{tul utama}} \\ &= 70 + 2 \cdot 25 = 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_u - \phi V_c)} \\ &= \frac{0,6 \cdot 982 \cdot 350 \cdot 892,5}{(3240000 - 2444212)} \\ &= 231 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{ada}} &= \frac{B_{\text{poer}} - 2 \cdot d'}{n_{\text{tul. utam}} - 1} \\
 &= \frac{5000 - 2 \cdot 120}{30 - 1} \\
 &= 164 \text{ mm} < S_{\text{perlu}} = 231 \text{ mm} \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

7.11 Perhitungan Pondasi Type 4 (untuk 4 Kolom Dilatasi)

Direncanakan menggunakan 6 buah tiang pancang (D 50 cm)



Effisiensi Tiang Pancang

$$\begin{aligned}
 \text{Eff} &= 1 - \text{arc tg} \left[\frac{D}{S} \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \\
 &= 1 - \text{arc tg} \left[\frac{0,5}{1,5} \frac{(3-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 3}{90 \cdot 2 \cdot 3} \right] \\
 &= 0,761
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ijin 1 tiang}} &= Q_p \cdot \text{Eff} \\
 &= 143 \cdot 0,761 \\
 &= 109 \text{ T}
 \end{aligned}$$

> Beban Maksimum pada Tiang Akibat Aksial & Momen

- Output SAP90 pada pembebanan (mati + hidup)

Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3	Kolom 4	Total
P = 134 T	P = 134 T	P = 134 T	P = 134 T	P = 536 T
Mx = 2,18 Tm	Mx = 2,18 Tm	Mx = 2,18 Tm	Mx = 2,18 Tm	Mx = 8,72 Tm
My = 1,03 Tm	My = 1,03 Tm	My = 1,03 Tm	My = 1,03 Tm	My = 4,12 Tm
Hx = 0,60 T	Hx = 0,60 T	Hx = 0,60 T	Hx = 0,60 T	Hx = 2,4 T
Hy = 1,33 T	Hy = 1,33 T	Hy = 1,33 T	Hy = 1,33 T	Hy = 5,32 T

Beban tambahan yang bekerja pada pile cap

$$\begin{aligned}
 - \text{Beban poer} &= (3 \cdot 5) \cdot 1 \cdot 2,4 &= 36 \text{ T} \\
 - \text{Beban sloof} &= (0,4 \cdot 0,7) \cdot 10,3 \cdot 2,4 &= 6,92 \text{ T} \\
 - \text{Beban tembok} &= (4 \cdot 0,250) \cdot 10,3 &= 10,30 \text{ T} \\
 - \text{Beban tnh urug} &= [(3 \cdot 5) - (0,6 \cdot 0,6 \cdot 4)] \cdot 1,7 \cdot 1 &= 23,05 \text{ T} \\
 &&= 76,27 \text{ T}
 \end{aligned}$$

P_{maks} 1 tiang pancang

$$\Sigma P = 536 + 77 = 613 \text{ T}$$

$$\Sigma X^2 = 2(2 \cdot 0,75^2) = 3,375 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 2(3 \cdot 1,5^2) = 9 \text{ m}^2$$

$$Mx_{\text{total}} = Mx + Hy \cdot l = 8,72 + 5,32 \cdot 1 = 14,04 \text{ Tm}$$

$$My_{\text{total}} = My + Hx \cdot l = 4,12 + 2,40 \cdot 1 = 6,52 \text{ Tm}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{maks}} &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{Mx \cdot Y_{\text{maks}}}{\Sigma Y^2} + \frac{My \cdot X_{\text{maks}}}{\Sigma X^2} \\
 &= \frac{613}{6} + \frac{14,04 \cdot 1,5}{9} + \frac{6,52 \cdot 0,75}{3,375} \\
 &= 106 \text{ T} < P_{\text{ijin}} = 109 \text{ T} \dots(\text{OK}) \\
 &< P_{\text{bahan}} = 173 \text{ T} \dots(\text{OK})
 \end{aligned}$$

- Output SAP90 pada pembebanan (mati + hidup + gempa)

Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3	Kolom 4	Total
P = 137 T	P = 153 T	P = 114 T	P = 131 T	P = 535 T
Mx = 28,77 Tm	Mx = 33,18 Tm	Mx = 29,51 Tm	Mx = 33,92 Tm	Mx = 125,38 Tm
My = 12,23 Tm	My = 12,02 Tm	My = 10,01 Tm	My = 10,21 Tm	My = 44,47 Tm
Hx = 3,48 T	Hx = 3,43 T	Hx = 2,28 T	Hx = 2,33 T	Hx = 11,52 T
Hy = 8,84 T	Hy = 11,52 T	Hy = 9,08 T	Hy = 11,77 T	Hy = 41,21 T

Momen tambahan akibat eksentrisitas kolom

$$M_x = [(153 \cdot 1,5) + (131 \cdot 1,5)] - [(137 \cdot 1,5) + (114 \cdot 1,5)] = 49,5 \text{ Tm}$$

$$M_y = [(137 \cdot 0,4) + (153 \cdot 0,4)] - [(114 \cdot 0,4) + (131 \cdot 0,4)] = 18 \text{ Tm}$$

P_{maks} 1 tiang pancang

$$\Sigma P = 535 + 77 = 612 \text{ T}$$

$$\Sigma X^2 = 2(3 \cdot 0,75^2) = 3,375 \text{ m}^2$$

$$\Sigma Y^2 = 2(2 \cdot 1,5^2) = 9 \text{ m}^2$$

$$M_{x \text{ total}} = M_x + H_y \cdot t = 125,38 + 49,5 + 41,21 \cdot 1 = 216,09 \text{ Tm}$$

$$M_{y \text{ total}} = M_y + H_x \cdot t = 44,47 + 18 + 11,52 \cdot 1 = 73,99 \text{ Tm}$$

$$P_{maks} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x \cdot Y_{maks}}{\Sigma Y^2} + \frac{M_y \cdot X_{maks}}{\Sigma X^2}$$

$$= \frac{612}{6} + \frac{216,09 \cdot 1,5}{9} + \frac{73,99 \cdot 0,75}{3,375}$$

$$= 143 \text{ T} < P_{ijin} = 109 \cdot 1,5 = 164 \text{ T} \dots(\text{OK})$$

$$< P_{bahan} = 173 \text{ T} \dots(\text{OK})$$

7.11.1 Kontrol Tiang Terhadap Gaya Lateral

Gaya lateral yang bekerja pada pondasi

$$H_x = 12,12 \text{ T}$$

$$H_y = 43,28 \text{ T}$$

$$C_r = 0,5 \cdot C_u$$

$$C_u = \text{diambil } 2,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_r = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_u = \frac{H_{\text{maks}}}{n} = \frac{43280}{4} = 10820 \text{ kg}$$

$$f = \frac{H_u}{(9 \cdot C_r \cdot D)} = \frac{10820}{(9 \cdot 1250 \cdot 0,5)} = 1,92 \text{ m}$$

$$L_1 = f + 1,5 D = 1,92 + 1,5 \cdot 0,5 = 2,67 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,2 \cdot L_1 = 2,2 \cdot 2,67 = 5,88 \text{ m}$$

Panjang tiang yang ada 11 m > L_2 (termasuk tiang panjang)

$$H_o = \frac{H_u}{D} = \frac{10820}{0,5} = 21640 \text{ kg/m}$$

$$K_y = \frac{H_o}{(C_r \cdot D)} = \frac{21640}{(1250 \cdot 0,5)} = 34,6$$

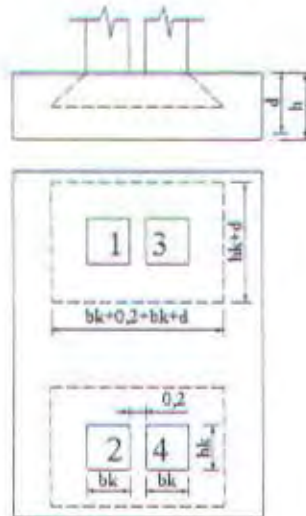
Dari grafik diperoleh $K_x = 40$

$$M_o = K_x \cdot C_r \cdot D^2$$

$$= 40 \cdot 1250 \cdot 0,5^2$$

$$= 12500 \text{ kgm} < M_{\text{bahan}} = 15,75 \text{ Tm} \dots (\text{OK})$$

7.11.2 Kontrol Geser Pons pada Poer



- Output SAP 90 (beban berfaktor)

Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3	Kolom 4	Total
$P_u = 142 \text{ T}$	$P_u = 159 \text{ T}$	$P_u = 117 \text{ T}$	$P_u = 135 \text{ T}$	$P_u = 553 \text{ T}$
$M_x = 30,25 \text{ Tm}$	$M_x = 34,80 \text{ Tm}$	$M_x = 31,02 \text{ Tm}$	$M_x = 35,57 \text{ Tm}$	$M_x = 131,64 \text{ Tm}$
$M_y = 12,81 \text{ Tm}$	$M_y = 12,59 \text{ Tm}$	$M_y = 10,01 \text{ Tm}$	$M_y = 10,75 \text{ Tm}$	$M_y = 45,96 \text{ Tm}$
$H_x = 3,64 \text{ T}$	$H_x = 3,59 \text{ T}$	$H_x = 2,42 \text{ T}$	$H_x = 2,46 \text{ T}$	$H_x = 12,11 \text{ T}$
$H_y = 9,31 \text{ T}$	$H_y = 12,08 \text{ T}$	$H_y = 9,56 \text{ T}$	$H_y = 12,33 \text{ T}$	$H_y = 43,28 \text{ T}$

Data perencanaan

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 350 \text{ Mpa}$$

$$t_{\text{poer}} = 1000 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tul}} = 25 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 70 - 25/2 = 917,5 \text{ mm}$$

$$b_c = 2(600 + 917,5) + 2(600 + 200 + 600 + 917,5) = 7670 \text{ mm}$$

$$\beta_c = 1400/600 = 2,33$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi \left[1 + \frac{2}{\beta} \right] \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\
 &= 0,6 \left[1 + \frac{2}{2,33} \right] \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 7670 \cdot 917,5 \\
 &= 7162985 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tidak boleh lebih besar dari

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \\
 &= 0,6 \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 7670 \cdot 917,5 \\
 &= 7708894 \text{ N (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$P_u = 2940000 \text{ N} < \phi V_c = 7162985 \text{ N}$$

Tebal poer mencukupi untuk memikul beban terpusat dari kolom.

7.11.3 Penulangan Lentur Poer

Output SAP 90 (beban berfaktor)

$$P_u = 553 \text{ T}$$

$$M_x = 131,64 \text{ Tm}$$

$$M_y = 45,96 \text{ Tm}$$

$$H_x = 12,11 \text{ T}$$

$$H_y = 43,28 \text{ T}$$

P_{maks} 1 tiang

$$\Sigma P = 553 + 77 = 630 \text{ T}$$

$$\Sigma x^2 = 2(3 \cdot 0,75^2) = 3,375 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = 2(2 \cdot 1,5^2) = 9 \text{ m}^2$$

Momen tambahan akibat eksentrisitas kolom

$$M_x = [(159 \cdot 1,5) + (135 \cdot 1,5)] - [(142 \cdot 1,5) + (117 \cdot 1,5)] = 52,5 \text{ Tm}$$

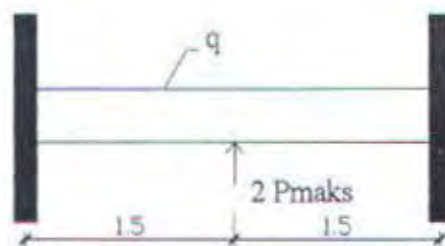
$$M_y = [(142 \cdot 0,4) + (159 \cdot 0,4)] - [(117 \cdot 0,4) + (135 \cdot 0,4)] = 19,6 \text{ Tm}$$

$$M_{x \text{ total}} = M_x + H_y \cdot t = 131,64 + 52,5 + 43,28 \cdot 1 = 227,42 \text{ Tm}$$

$$M_{y \text{ total}} = M_y + H_x \cdot t = 45,96 + 19,6 + 12,11 \cdot 1 = 77,67 \text{ Tm}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{maks}} &= \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x \cdot Y_{\text{maks}}}{\sum Y^2} + \frac{M_y \cdot X_{\text{maks}}}{\sum X^2} \\ &= \frac{630}{6} + \frac{227,42 \cdot 1,5}{9} + \frac{77,67 \cdot 0,75}{3,375} \\ &= 160 \text{ T} \end{aligned}$$

➤ **Penulangan Arah (X)**



Beban merata poer (q)

$$q = 1 \cdot 3 \cdot 2,4 = 7,2 \text{ T/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1/8 \cdot 2 \cdot P_{\text{maks}} \cdot L - (0,5 \cdot q \cdot L^2) \\ &= 1/8 \cdot 2 \cdot 160 \cdot 3 - (0,5 \cdot 7,2 \cdot 3^2) \\ &= 88 \text{ Tm} \end{aligned}$$

$$d_x = 1000 - 70 - 25/2 = 917,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{880000000}{0,8 \cdot 3000 \cdot 917,5^2} = 0,436$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{350} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,436}{0,85 \cdot 30}} \right] \\ &= 0,00126 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{350} = 0,004$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0,0293$$

$$\rho_{\text{ait}} = 1,3 \cdot 0,00126 = 0,00163$$

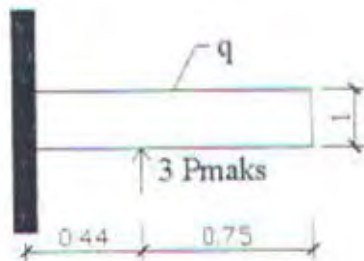
$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{ait}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,00163 \cdot 3000 \cdot 917,5 \\ &= 4492 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 10 D 25 (4910 mm²) atau D25 – 300 mm

$$A_s' = A_s = 4492 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 10 D 25 (4910 mm²) atau D25 – 300 mm

➤ Penulangan Arah (Y)



Beban merata poer (q)

$$q = 1.5 \cdot 2,4 = 12 \text{ T/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 3 \cdot P_{maks} \cdot L - (0,5 \cdot q \cdot L^2) \\ &= 3 \cdot 160 \cdot 0,44 - (0,5 \cdot 12 \cdot 1,9^2) \\ &= 190 \text{ Tm} \end{aligned}$$

$$d_y = 1000 - 70 - 25 - 25/2 = 892,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{190000000}{0,8 \cdot 5000 \cdot 892,5^2} = 0,596$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right] \\ &= \frac{0,85 \cdot 30}{350} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,596}{0,85 \cdot 30}} \right] \\ &= 0,00172 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{350} = 0,004$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0,0293$$

$$\rho_{\text{ait}} = 1,3 \cdot 0,00172 = 0,00224$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{ait}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,00224 \cdot 5000 \cdot 892,5 \\ &= 10002 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 21 D 25 (10311 mm²) atau D25 – 225 mm

$$A_s' = 50\% \cdot 10002 = 5001 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 11 D 25 (5401 mm²) atau D25 – 475 mm

> Penulangan Geser Lentur Poer

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.

▪ Penulangan Geser Lentur Arah (X)

$$d = 917,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 0,5 \cdot 2 \cdot P_{\text{maks}} - 0,5 \cdot q \cdot L \\ &= 0,5 \cdot 2 \cdot 160 - 0,5 \cdot 7,2 \cdot 3 \\ &= 149 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 3000 \cdot 917,5 \\ &= 1507606 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u = 1490000 \text{ N} < \phi V_c = 1507606 \text{ N}$$

Tebal poer mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser.

▪ **Penulangan Geser Lentur Arah (Y)**

$$d = 1000 - 70 - 25 - 25/2 = 892,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 3 \cdot P_{\text{maks}} - q \cdot L \\ &= 3 \cdot 160 - 12 \cdot 5 \\ &= 420 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 5000 \cdot 892,5 \\ &= 2444212 \text{ N} \end{aligned}$$

Spasi Maksimum Tulangan Geser

$$A_v = 2455 \text{ mm}^2 \text{ (5 kaki)}$$

$$\begin{aligned} d' &= d_c + 2 \cdot D_{\text{tul Utama}} \\ &= 70 + 2 \cdot 25 = 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{(V_u - \phi V_c)} \\ &= \frac{0,6 \cdot 2455 \cdot 350 \cdot 892,5}{(4200000 - 2444212)} \\ &= 262 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{ada}} &= \frac{B_{\text{poer}} - 2 \cdot d'}{n_{\text{tul. ulam}} - 1} \\ &= \frac{5000 - 2 \cdot 120}{21 - 1} \\ &= 238 \text{ mm} < S_{\text{perlu}} = 262 \text{ mm} \dots(\text{OK}) \end{aligned}$$

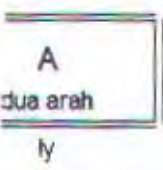
DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung" SKSNI T15-1991-03
2. Departemen Pekerjaan Umum, "Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung" 1983
3. Departemen Pekerjaan Umum, "Peraturan Beton Bertulang Indonesia" 1971
4. Departemen Pekerjaan Umum, "Peraturan Pembebanan Indonesia" 1983
5. Gideon Kusuma, Takim Andriono, "Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa" seri beton jilid 3, Erlangga 1993
6. Joseph E Bowles, "Analisa dan Desain Pondasi", jilid 1, Erlangga 1984
7. DR. Ir. Herman Wahyudi, "Daya Dukung Pondasi Dalam" ITS 1999
8. Ir. Sudarmanto, Msc, "Konstruksi Beton 2" Malang 1996
9. "Perhitungan Konstruksi Beton Bertulang berdasarkan Pedoman Beton 1989" ITS 1997
10. Guy Sanglerat, Gilbert Olivari, Bernard Cambou, "Soal - Soal Praktis Dalam Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi" Bagian 1 dan 2, Erlangga 1989
11. Hary Cristady Hardiyatmo, "Teknik Pondasi 1" Gramedia 1996



LAMPIRAN

ENULANGAN PLAT ATAP

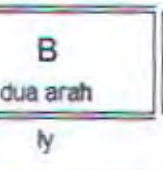
Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 A dua arah ly	Mlx	4	4.5	5692	26	75	2368	0.526	9.412	0.00222	0.00288	0.00288	216	φ 10 - 175
	Mly	4	4.5	5692	21	65	1913	0.566	9.412	0.00238	0.0031	0.0031	201.5	φ 10 - 175
	Mtx	4	4.5	5692	60	75	5464	1.214	9.412	0.00519	0.00674	0.0058	435	φ 10 - 175
	Mty	4	4.5	5692	54	65	4918	1.455	9.412	0.00625	-	0.00625	406	φ 10 - 175

0.0058
 $= 0.0484$

$Wu = 5692 \text{ N/m}^2$
 Tul. Susut $\phi 6 - 100 \text{ mm}$

$h = 120 \text{ mm}$
 $ly/lx = 1.125$

Type plat Kasus II

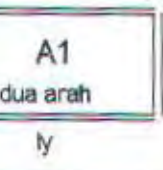
Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 B dua arah ly	Mlx	3	4.5	5692	36	75	1844	0.41	9.412	0.00172	0.00224	0.00224	168	φ 10 - 175
	Mly	3	4.5	5692	17	65	870.9	0.258	9.412	0.00108	0.0014	0.0014	91	φ 10 - 175
	Mtx	3	4.5	5692	76	75	3893	0.865	9.412	0.00367	0.00477	0.00477	357.75	φ 10 - 175
	Mty	3	4.5	5692	57	65	2920	0.864	9.412	0.00366	0.00476	0.00476	309.4	φ 10 - 175

0.0058
 $= 0.0484$

$Wu = 5692 \text{ N/m}^2$
 Tul. Susut $\phi 6 - 100 \text{ mm}$

$h = 120 \text{ mm}$
 $ly/lx = 1.5$

Type plat Kasus II

Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 A1 dua arah ly	Mlx	4	4.5	5692	30	75	2732	0.607	9.412	0.00256	0.00333	0.00333	249.75	φ 10 - 175
	Mly	4	4.5	5692	20	65	1821	0.539	9.412	0.00227	0.00295	0.00295	191.75	φ 10 - 175
	Mtx	4	4.5	5692	67	75	6102	1.356	9.412	0.00581	-	0.00581	435.75	φ 10 - 175
	Mty	4	4.5	5692	57	65	5191	1.536	9.412	0.0066	-	0.0066	429	φ 10 - 175
	Mty	$Mu = 0.5 \text{ mly}$						910.7	0.269	9.412	0.00113	0.00147	0.00147	95.55

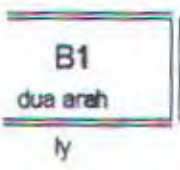
0.0058
 $= 0.0484$

$Wu = 5692 \text{ N/m}^2$
 Tul. Susut $\phi 6 - 100 \text{ mm}$

$h = 120 \text{ mm}$
 $ly/lx = 1.125$

Type plat Kasus VIB

PENULANGAN PLAT ATAP

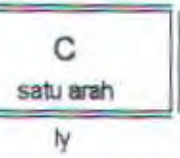
Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 B1 dua arah	Mlx	3	4.5	5692	38	75	1947	0.433	9.412	0.00182	0.00236	0.00236	177	φ 10 - 175
	Mly	3	4.5	5692	15	65	768.4	0.227	9.412	0.00095	0.00124	0.00124	80.6	φ 10 - 175
	Mtx	3	4.5	5692	79	75	4047	0.899	9.412	0.00382	0.00496	0.00496	372	φ 10 - 175
	Mty	3	4.5	5692	57	65	2920	0.864	9.412	0.00366	0.00476	0.00476	309.4	φ 10 - 175
	Mtiy	Mu = 0.5 mly						384.2	0.114	9.412	0.00047	0.00062	0.0058	377

$\alpha = 0.0058$
 $\beta = 0.0484$

$Wu = 5692 \text{ N/m}^2$
 Tul. Susut φ 6 - 100 mm

$h = 120 \text{ mm}$
 $ly/lx = 1.5$

Type plat Kasus VI B

Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 C satu arah	Mlx	2	4.5	5692	-	75	2846	0.632	9.412	0.00267	0.00347	0.00347	280.25	φ 10 - 250
	Mtix	2	4.5	5692	-	75	947.7	0.211	9.412	0.00088	0.00115	0.00115	86.25	φ 10 - 250
	Mty	2	4.5	5692	-	65	1708	0.505	9.412	0.00213	0.00276	0.00276	179.4	φ 10 - 250
	Mtiy	2	4.5	5692	-	65	947.7	0.28	9.412	0.00117	0.00153	0.00153	99.45	φ 10 - 250

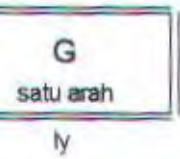
$\alpha = 0.0058$
 $\beta = 0.0484$

$Wu = 5692 \text{ N/m}^2$
 Tul. Susut φ 6 - 100 mm

$h = 120 \text{ mm}$
 $ly/lx = 2.25$

$Mlx = 1/8 \cdot Wu \cdot Lx^2$
 $Mty = 0,6 \cdot Mlx$

$Mtix = 0,3 \cdot Mlx$
 $Mtiy = 0,3 \cdot Mty$

Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 G satu arah	Mlx	2	6	5692	-	75	2846	0.632	9.412	0.00267	0.00347	0.00347	280.25	φ 10 - 250
	Mtix	2	6	5692	-	75	947.7	0.211	9.412	0.00088	0.00115	0.00115	86.25	φ 10 - 250
	Mty	2	6	5692	-	65	1708	0.505	9.412	0.00213	0.00276	0.00276	179.4	φ 10 - 250

$\alpha = 0.0058$
 $\beta = 0.0484$

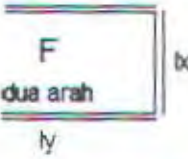
$Wu = 5692 \text{ N/m}^2$
 Tul. Susut φ 6 - 100 mm

$h = 120 \text{ mm}$
 $ly/lx = 3$

$Mlx = 1/8 \cdot Wu \cdot Lx^2$
 $Mty = 0,6 \cdot Mlx$

$Mtix = 0,3 \cdot Mlx$

REKUNGAN PLAT ATAP

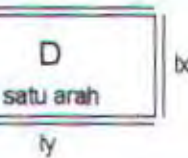
Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 F dua arah ly	Mlx	4	6	5692	38	75	3461	0.769	9.412	0.00325	0.00423	0.00423	317.25	φ 10 - 200
	Mly	4	6	5692	15	65	1366	0.404	9.412	0.0017	0.00221	0.00221	143.65	φ 10 - 200
	Mtx	4	6	5692	79	75	7195	1.599	9.412	0.00688	-	0.00688	516	φ 10 - 200
	Mty	4	6	5692	57	65	5191	1.536	9.412	0.0066	-	0.0066	429	φ 10 - 200

$\rho = 0.0058$
 $\rho = 0.0484$

$Wu = 5692 \text{ N/m}^2$
 Tul. Susut φ 6 - 100 mm

$h = 120 \text{ mm}$
 $ly/lx = 1.5$

Type plat Kasus II

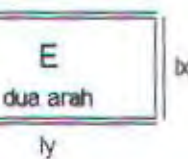
Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 D satu arah ly	Mlx	3	8	5692	-	75	3659	0.813	9.412	0.00344	0.00448	0.00448	336	φ 10 - 175
	Mtx	3	8	5692	-	75	5123	1.138	9.412	0.00485	0.00631	0.0058	435	φ 10 - 175

$\rho = 0.0058$
 $\rho = 0.0484$

$Wu = 5692 \text{ N/m}^2$
 Tul. Susut φ 6 - 100 mm

$h = 120 \text{ mm}$
 $ly/lx = 2.3$

$Mlx = 1/24 \cdot Wu \cdot Lx^2$
 $Mtx = 1/12 \cdot Wu \cdot Lx^2$

Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 E dua arah ly	Mlx	4.5	8	5692	38	75	4380	0.973	9.412	0.00414	0.00538	0.00538	403.5	φ 10 - 150
	Mly	4.5	8	5692	15	65	1729	0.512	9.412	0.00215	0.0028	0.0028	182	φ 10 - 150
	Mtx	4.5	8	5692	79	75	9106	2.024	9.412	0.0068	-	0.0068	510	φ 10 - 150
	Mty	4.5	8	5692	57	65	6570	1.944	9.412	0.00805	-	0.00805	523.25	φ 10 - 150

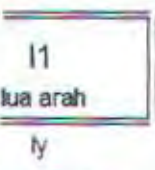
$\rho = 0.0058$
 $\rho = 0.0484$

$Wu = 5692 \text{ N/m}^2$
 Tul. Susut φ 6 - 100 mm

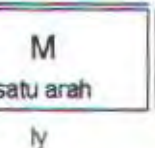
$h = 120 \text{ mm}$
 $ly/lx = 1.5$

Type plat Kasus II

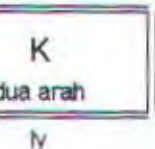
ENULANGAN PLAT LANTAI 2-6

Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 I1 dua arah	Mlx	3	4.5	9264	38	95	3168	0.439	9.412	0.00184	0.0024	0.0024	228	φ 10 - 150
	Mly	3	4.5	9264	15	85	1251	0.216	9.412	0.00091	0.00118	0.00118	100.3	φ 10 - 150
	Mtx	3	4.5	9264	79	95	6587	0.912	9.412	0.00387	0.00503	0.00503	477.85	φ 10 - 150
	Mty	3	4.5	9264	57	85	4752	0.822	9.412	0.00348	0.00453	0.00453	385.05	φ 10 - 150
	Mty	Mu = 0.5 mly						625.3	0.108	9.412	0.00045	0.00059	0.0058	377

0.0058 Wu = 9264 N/m² (koridor) h = 120 mm Type plat Kasus VIB
 = 0.0484 Tul. Susut φ 6 - 100 mm ly/lx = 1.5

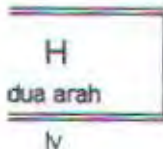
Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 M satu arah	Mlx	1.5	4.5	9264	-	95	2606	0.361	9.412	0.00151	0.00197	0.00197	187.15	φ 10 - 150
	Mtx	1.5	4.5	9264	-	95	867.6	0.12	9.412	0.0005	0.00065	0.00065	61.75	φ 10 - 150
	Mty	1.5	4.5	9264	-	85	1708	0.296	9.412	0.00124	0.00161	0.00161	136.85	φ 10 - 150
	Mty	1.5	4.5	9264	-	85	867.6	0.15	9.412	0.00063	0.00082	0.0058	493	φ 10 - 150

0.0058 Wu = 9264 N/m² (balkon) h = 120 mm Mlx = 1/8 . Wu . Lx² Mtx = 0,333
 = 0.0484 Tul. Susut φ 6 - 100 mm ly/lx = 3 Mty = 0,6 . Mlx Mty = 0,333

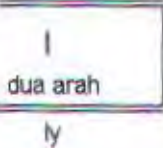
Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 K dua arah	Mlx	4	6	8464	36	95	4875	0.675	9.412	0.00285	0.00371	0.00371	352.45	φ 10 - 150
	Mly	4	6	8464	17	85	2302	0.398	9.412	0.00167	0.00217	0.00217	184.45	φ 10 - 150
	Mtx	4	6	8464	76	95	10292	1.426	9.412	0.00612	-	0.00612	581.4	φ 10 - 125
	Mty	4	6	8464	57	85	7719	1.335	9.412	0.00572	0.00743	0.0058	493	φ 10 - 150

0.0058 Wu = 8464 N/m² h = 120 mm Type plat Kasus II
 = 0.0484 Tul. Susut φ 6 - 100 mm ly/lx = 1.5

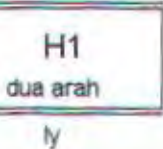
ENULANGAN PLAT LANTA 2-6

Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 H dua arah ly	Mlx	4	4.5	8464	26	95	3521	0.488	9.412	0.00205	0.00267	0.00267	253.65	φ 10 - 150
	Mly	4	4.5	8464	21	85	2844	0.492	9.412	0.00207	0.00269	0.00269	228.65	φ 10 - 150
	Mtx	4	4.5	8464	60	95	8125	1.125	9.412	0.0048	0.00624	0.00624	592.8	φ 10 - 125
	Mty	4	4.5	8464	54	85	7313	1.265	9.412	0.00541	0.00703	0.0058	493	φ 10 - 150

$J.0058 = 0.0484$
 $Wu = 8464 \text{ N/m}^2$
 $h = 120 \text{ mm}$
Type plat Kasus II
Tul. Susut φ 6 - 100 mm
 $ly/lx = 1.125$

Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 I dua arah ly	Mlx	3	4.5	9264	36	95	3002	0.416	9.412	0.00175	0.00227	0.00227	215.65	φ 10 - 150
	Mly	3	4.5	9264	17	85	1417	0.245	9.412	0.00103	0.00133	0.00133	113.05	φ 10 - 150
	Mtx	3	4.5	9264	76	95	6337	0.878	9.412	0.00372	0.00484	0.00484	459.8	φ 10 - 150
	Mty	3	4.5	9264	57	85	4752	0.822	9.412	0.00348	0.00453	0.00453	385.05	φ 10 - 150

$J.0058 = 0.0484$
 $Wu = 9264 \text{ N/m}^2$ (koridor)
 $h = 120 \text{ mm}$
Type plat Kasus II
Tul. Susut φ 6 - 100 mm
 $ly/lx = 1.5$

Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
 H1 dua arah ly	Mlx	4	4.5	8464	30	95	4063	0.563	9.412	0.00237	0.00308	0.00308	292.6	φ 10 - 150
	Mly	4	4.5	8464	20	85	2708	0.469	9.412	0.00197	0.00256	0.00256	217.6	φ 10 - 150
	Mtx	4	4.5	8464	67	95	9073	1.257	9.412	0.00537	0.00698	0.0058	551	φ 10 - 150
	Mty	4	4.5	8464	57	85	7719	1.335	9.412	0.00572	0.00743	0.0058	493	φ 10 - 150
	Mty	$Mu = 0.5 \text{ mly}$						1354	0.234	9.412	0.00098	0.00127	0.00127	82.55

$J.0058 = 0.0484$
 $Wu = 8464 \text{ N/m}^2$
 $h = 120 \text{ mm}$
Type plat Kasus VIB
Tul. Susut φ 6 - 100 mm
 $ly/lx = 1.125$

ENULANGAN PLAT LANTAI 2-6

Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> L satu arah ly </div>	Mlx	3	8	9264	-	95	10422	1.443	9.412	0.0062	-	0.0062	589	φ 10 - 125
	Mtix	3	8	9264	-	95	3471	0.481	9.412	0.00202	0.00263	0.00263	249.85	φ 10 - 150
	Mty	3	8	9264	-	85	6253	1.082	9.412	0.00461	0.00599	0.0058	493	φ 10 - 150
	Mtiy	3	8	9264	-	85	3471	0.6	9.412	0.00253	0.00329	0.00329	279.65	φ 10 - 150

0.0058
 $= 0.0484$

$Wu = 9264 \text{ N/m}^2$ (koridor)
 Tul. Susut $\phi 6 - 100 \text{ mm}$

$h = 120 \text{ mm}$
 $ly/lx = 2,67$

$Mlx = 1/8 \cdot Wu \cdot Lx^2$
 $Mty = 0,6 \cdot Mlx$

$Mtix = 0,333$
 $Mtiy = 0,333$

Type plat	M	lx (m)	ly (m)	Wu (N/m ²)	Koef X	d (mm)	Mu (Nm)	Rn	m	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Pasang (mm)
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> M1 dua arah ly </div>	Mlx	4	4.5	13468	30	75	6465	1.437	9.412	0.00616		0.00616	462	φ 10 - 150
	Mly	4	4.5	13468	20	65	4310	1.275	9.412	0.00545	0.00709	0.0058	377	φ 10 - 150
	Mtx	4	4.5	13468	67	75	14438	3.208	9.412	0.01434	-	0.00581	435.75	φ 10 - 150
	Mty	4	4.5	13468	57	65	12283	3.634	9.412	0.01641	-	0.0066	429	φ 10 - 150
	Mtiy	$Mu = 0.5 \text{ mly}$						2155	0.638	9.412	0.00269	0.0035	0.0035	227.5

0.0058
 $= 0.0484$

$Wu = 13468 \text{ N/m}^2$
 Tul. Susut $\phi 6 - 100 \text{ mm}$

$h = 120 \text{ mm}$
 $ly/lx = 1.125$

Type plat Kasus VIB

EL PENULANGAN BALOK ANAK SEMENTARA

$m = 13.725$

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$\rho_{\text{min}} = 0.004$

$t = 120 \text{ mm}$

$f_y = 350 \text{ Mpa}$

$\rho_{\text{maks}} = 0.0293$

Daerah	Mu (Nmm)	be (mm)	b (mm)	h (mm)	d (mm)	Rn	ρ perlu	ρ alt	ρ pakai	As perlu (mm ²)	Tulangan pasang	As pasang (mm ²)	a (mm)	t (mm)	M (Nm)
Tumpuan	32550000	-	250	350	292	1.909	0.00567	-	0.00567	413.91	3 D 16	603	33.1	120	46500
Lapangan	16280000	1130	250	350	292	0.955	0.00278	0.00361	0.00361	263.53	2 D 16	402	4.88	120	32590
Tumpuan	132110000	-	300	450	391	3.61	0.01117	-	0.01117	1308.5655	5 D 19	1418	64.9	120	1.42E6
Lapangan	66050000	2000	300	450	391	1.8	0.00534	-	0.00534	626.382	3 D 19	851	5.84	120	92470
Tumpuan	43200000	-	250	350	292	2.533	0.00764	-	0.00764	557.72	3 D 16	603	33.1	120	46500
Lapangan	21600000	910	350	350	292	0.905	0.00263	0.00342	0.00342	349.524	2 D 16	402	6.06	120	32520
Tumpuan	17270000	-	200	300	242	1.843	0.00547	-	0.00547	264.748	2 D 16	402	27.6	120	25680
Lapangan	10500000	575	200	300	242	1.121	0.00328	0.00426	0.004	193.6	2 D 16	402	9.6	120	26690
Tumpuan	47930000	-	300	400	342	1.707	0.00505	-	0.00505	518.13	3 D 16	603	27.6	120	55410
Lapangan	23960000	1130	300	400	342	0.854	0.00248	0.00323	0.00323	331.398	2 D 16	402	4.88	120	38220
Tumpuan	99510000	-	300	450	391	2.712	0.00821	-	0.00821	963.033	4 D 19	1134	51.9	120	1.16E6
Lapangan	45760000	1500	300	450	391	1.247	0.00365	0.00475	0.004	469.2	2 D 19	567	5.19	120	61660
Tumpuan	21640000	-	250	350	292	1.269	0.00372	0.00484	0.004	292	2 D 16	402	22.1	120	31620
Lapangan	10820000	625	250	350	292	0.634	0.00184	0.00239	0.00239	174.47	2 D 16	402	8.83	120	32370
Tumpuan	67980000	-	300	450	392	1.843	0.00547	-	0.00547	643.272	4 D 16	804	36.8	120	84100
Lapangan	33990000	1500	300	450	392	0.922	0.00268	0.00349	0.00349	410.424	3 D 16	603	5.52	120	65710

TUGAS AKHIR

EL PENULANGAN GESER BALOK ANAK

$f_c = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 240 \text{ Mpa}$

No Balok	V_u (N)	b (mm)	h (mm)	d (mm)	V_c (N)	V_n (N)	Tulangan Geser	ϕ Tulangan Geser	A_v (mm ²)	S (mm)	S Maks (mm)	Daerah	
												Tumpuan	Lapangan
1	43402	250	350	292	66639.58	72336.67	perlu	$\phi 10$	157	1931.26	146	$\phi 10 - 125$	$\phi 10$
4	99080	300	450	391	107079.8	165133.3	perlu	$\phi 10$	157	253.7808	195.5	$\phi 10 - 175$	$\phi 10$
6	32400	300	450	292	79967.49	54000	tak perlu	$\phi 10$	157	-	146	$\phi 10 - 125$	$\phi 10$
7	20942	200	300	242	44182.95	34903.33	tak perlu	$\phi 10$	157	-	121	$\phi 10 - 100$	$\phi 10$
8	63900	300	400	342	93660.56	106500	perlu	$\phi 10$	157	1003.67	171	$\phi 10 - 150$	$\phi 10$
11	99510	300	450	391	107079.8	165850	perlu	$\phi 10$	157	250.6861	195.5	$\phi 10 - 175$	$\phi 10$
13	28845	250	350	292	66639.58	48075	tak perlu	$\phi 10$	157	-	146	$\phi 10 - 125$	$\phi 10$
130	67980	300	450	392	107353.6	113300	tak perlu	$\phi 10$	157	-	196	$\phi 10 - 150$	$\phi 10$

TUGAS AKHIR

PENULANGAN TORSI MINIMUM

$f_c = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 350 \text{ Mpa}$

b (mm)	h (mm)	S (mm)	$A_{v_{min}}$ (mm ²)	$A_{v_{ada}}$ (mm ²)	Torsi	X1 (mm)	Y1 (mm)	A1 (mm ²)	Tulangan Tumpuan			Tulangan Lapangan		
									As Tul. Atas (mm ²)	As Tul. Tengah (mm ²)	As Tul. Bawah (mm ²)	As Tul. Atas (mm ²)	As Tul. Tengah (mm ²)	As Tul. Bawah (mm ²)
250	350	125	43.403	157	abaikan	160	260	145.83	482.6111111	48.61111111	255.6111111	180.6111111	48.61111111	312.6111111
300	450	175	72.917	157	abaikan	210	360	237.5	1388.166667	79.16666667	733.6666667	392.1666667	79.16666667	705.1666667
300	450	125	52.083	157	abaikan	210	360	237.5	637.1666667	79.16666667	358.1666667	254.1666667	79.16666667	429.1666667
200	300	100	27.778	157	abaikan	110	210	88.889	294.62963	29.62962963	162.1296296	126.62963	29.62962963	223.62963
300	400	150	62.5	157	abaikan	210	310	216.67	560.2222222	72.22222222	316.2222222	228.2222222	72.22222222	384.2222222
300	450	175	72.917	157	abaikan	210	360	237.5	1042.166667	79.16666667	560.6666667	313.6666667	79.16666667	548.6666667
250	350	125	43.403	157	abaikan	160	260	145.83	360.6111111	48.61111111	204.6111111	130.1111111	48.61111111	211.6111111
300	450	150	62.5	157	abaikan	210	360	237.5	722.438867	79.16666667	400.8028667	284.378867	79.16666667	489.1666667

TUGAS AKHIR

ENULANGAN LENTUR + TORSI BALOK ANAK (DESAIN AKHIR)

mensi	Tulangan Tumpuan										Tulangan Lapangan							
	h (mm)	As Tul. Atas (mm ²)	Tul. Pasang	As Pasang (mm ²)	As Tul. Tengah (mm ²)	Tul. Pasang	As Pasang (mm ²)	As Tul. Bawah (mm ²)	Tul. Pasang	As Pasang (mm ²)	As Tul. Atas (mm ²)	Tul. Pasang	As Pasang (mm ²)	As Tul. Tengah (mm ²)	Tul. Pasang	As Pasang (mm ²)	As Tul. Bawah (mm ²)	Tul. Pasang
3	350	463	3 D 16	803	49	2 φ 8	101	256	2 D 16	402	181	2 D 16	402	49	2 φ 8	101	313	2 D 16
3	450	1388	5 D 19	1418	80	2 φ 8	101	734	3 D 19	851	392	2 D 19	567	80	2 φ 8	101	705	3 D 19
3	450	637	4 D 16	804	80	2 φ 8	101	358	2 D 16	402	254	2 D 16	402	80	2 φ 8	101	429	3 D 16
0	300	295	2 D 16	402	30	2 φ 8	101	162	2 D 16	402	127	2 D 16	402	30	2 φ 8	101	224	2 D 16
0	400	560	3 D 16	803	72	2 φ 8	101	316	2 D 16	402	228	2 D 16	402	72	2 φ 8	101	364	2 D 16
40	450	1042	4 D 19	1134	60	2 φ 8	101	561	2 D 19	567	314	2 D 19	567	80	2 φ 8	101	548	2 D 19
50	350	361	2 D 16	402	49	2 φ 8	101	205	2 D 16	402	136	2 D 16	402	49	2 φ 8	101	212	2 D 16
30	450	722	4 D 16	804	80	2 φ 8	101	401	2 D 16	402	284	2 D 16	402	80	2 φ 8	101	490	3 D 16

TUGAS AKHIR

PEMBEBANAN STRUKTUR UTAMA BALOK LANTAI

JENIS PEMBEBANAN	TYPE BALOK												
	B9	B10	B12	B14	B15	K2	B22	B23	B24	B25	B26	B27	B28
BAN MATI (merata)													
Berat sendiri balok	360	768	288	768	768	288	768	768	768	768	768	768	360
Berat 1 segitiga lantai	-	-	744	-	-	279	-	-	-	-	-	-	-
Berat 2 segitiga lantai	-	744	-	-	744	-	372	-	372	372	789	789	-
Berat 1 trapesium lantai	548	-	-	475	-	-	-	634	-	-	-	-	1162
Berat 1 trapesium lantai	475	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	475
Berat dinding batu bata	744	750	-	-	-	-	-	-	-	-	750	750	744
Berat pagar pengaman	-	-	-	-	-	-	300	300	-	-	-	-	-
Berat profil	-	-	-	-	-	-	100	100	-	-	-	-	-
Berat tangga	-	-	-	3230	-	-	-	-	-	3230	-	-	-
TOTAL (WDL) (kg/m)	2127	2262	1032	4473	1512	567	1540	1802	1140	4370	2307	2307	2741
EBAN HIDUP (merata)													
Berat 1 segitiga lantai	-	-	600	-	-	225	-	-	-	-	-	-	-
Berat 2 segitiga lantai	-	500	-	-	500	-	250	-	250	250	-	500	-
Berat 1 trapesium lantai	368	-	-	-	-	-	-	511	-	-	-	-	368
Berat 1 trapesium lantai	383	-	-	383	-	-	-	-	-	-	383	-	383
Berat tangga	-	-	-	300	-	-	-	-	-	300	300	-	-
TOTAL (WLL) (kg/m)	751	500	600	683	500	225	250	511	250	550	683	500	751

TUGAS AKHIR

PEMBEBANAN STRUKTUR UTAMA PLAT ATAP

RAIAN PEMBEBANAN	TYPE BALOK									
	B2	B3	B5	K1	B16	B17	B18	B19	B20	B21
EBAN MATI (merata)										
Berat sendiri balok	576	576	288	288	576	576	576	576	576	576
Berat 1 segitiga atap	-	-	682	341	-	-	-	-	-	227
Berat 2 segitiga atap	-	682	-	-	341	682	-	341	341	-
Berat 1 trapesium atap	502	-	-	-	-	-	625	625	334	580
Berat 1 trapesium atap	436	-	-	-	-	-	488	-	-	312
TOTAL (WDL) (kg/m)	1514	1258	970	629	917	1258	1689	1542	1251	1695
EBAN HIDUP (merata)										
Berat 1 segitiga atap	-	-	200	100	-	-	-	-	-	67
Berat 2 segitiga atap	-	200	-	-	100	200	-	100	100	-
Berat 1 trapesium atap	147	-	-	-	-	-	184	184	98	170
Berat 1 trapesium atap	128	-	-	-	-	-	143	-	-	92
TOTAL (WLL) (kg/m)	275	200	200	100	100	200	327	284	198	329

TUGAS AKHIR

HASIL GAYA HORIZONTAL AKIBAT BEBAN GEMPA GD. A (arah melintang) (kg)

GAYA GEMPA	SUMBU (AS)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Lantai 2 (F1)	2664	3855	2634	3393	2634	3585	3585	2634	1997
Lantai 3 (F2)	4796	6939	4742	6107	4742	6454	6454	4742	3595
Lantai 4 (F3)	6927	10023	6849	8821	6849	9322	9322	6849	5193
Lantai 5 (F4)	9059	13107	8957	11536	8957	12191	12191	8957	6791
Lantai 6 (F5)	11190	16191	11064	14250	11064	15059	15059	11064	8389
Plat atap (F6)	7368	11945	9907	11826	9907	14532	14532	9907	7207

HASIL GAYA HORIZONTAL AKIBAT BEBAN GEMPA GD. A (arah memanjang) (kg)

GAYA GEMPA	SUMBU (AS)					
	2	3	4	5	6	7
Lantai 2 (F1)	371	6754	6205	6205	6754	371
Lantai 3 (F2)	667	12156	11168	11168	12156	667
Lantai 4 (F3)	964	17559	16132	16132	17559	964
Lantai 5 (F4)	1260	22961	21096	21096	22961	1260
Lantai 6 (F5)	1556	28364	26059	26059	28364	1556
Plat atap (F6)	3110	21813	21246	21246	21813	3110

TUGAS AKHIR

HASIL GAYA HORIZONTAL AKIBAT BEBAN GEMPA GD. B (arah melintang) (kg)

GAYA GEMPA	SUMBU (AS)									
	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Lantai 2 (F1)	1997	2634	3393	2634	4071	4071	2634	3393	2634	1997
Lantai 3 (F2)	3595	4742	6107	4742	7328	7328	4742	6107	4742	3595
Lantai 4 (F3)	5193	6849	8822	6849	10585	10585	6849	8822	6849	5193
Lantai 5 (F4)	6791	8957	11536	8957	13842	13842	8957	11536	8957	6791
Lantai 6 (F5)	8389	11064	14250	11064	17098	17098	11064	14250	11064	8389
Plat atap (F6)	7207	9906	11826	9906	21222	21222	9906	11826	9906	7207

HASIL GAYA HORIZONTAL AKIBAT BEBAN GEMPA GD. B (arah memanjang) (kg)

GAYA GEMPA	SUMBU (AS)					
	1	3	4	5	6	8
Lantai 2 (F1)	886	8208	7211	7211	8208	886
Lantai 3 (F2)	1595	14774	12979	12979	14774	1595
Lantai 4 (F3)	2304	21341	18749	18749	21341	2304
Lantai 5 (F4)	3013	27907	24517	24517	27907	3013
Lantai 6 (F5)	3722	34473	30286	30286	34473	3722
Plat atap (F6)	5740	25333	24756	24756	25333	5740

TUGAS AKHIR

BERAT BANGUNAN TOTAL PLAT ATAP GD. B (MEMANJANG)

URAIAN PEMBEBANAN		SUMBU (AS)					
BEBAN MATI		1	3	4	5	6	8
Berat plat atap		20460	82522	82522	82522	82522	20460
Balok lisplank		4620	-	-	-	-	4620
Profil lisplank		1100	-	-	-	-	1100
Balok konsol		-	4608	-	-	4608	-
Balok anak		1080	5220	5220	5220	5220	1080
Balok induk memanjang		4608	17568	17568	17568	17568	4608
Balok induk melintang		3456	23040	23040	23040	23040	3456
Balok induk melintang		-	-	4320	4320	-	-
Berat dinding		-	13500	13500	13500	13500	-
Berat kolom		3456	17280	17280	17280	17280	3456
TOTAL (WDL) (kg)		38780	163738	163450	163450	163738	38780
BEBAN HIDUP							
Plat atap		3000	13600	12000	12000	13600	3000
TOTAL (WLL) (kg)		3000	13600	12100	12100	13600	3000

TUGAS AKHIR

BERAT BANGUNAN TOTAL PLAT ATAP GD. A (MELINTANG)

URAIAN PEMBEBANAN		SUMBU (AS)								
BEBAN MATI		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Berat plat atap		17647	35294	35294	35294	35294	47350	47350	35294	17647
Balok lisplank		648	1296	1296	1296	1296	2592	2592	1296	648
Profil lisplank		225	450	450	450	450	900	900	450	225
Balok konsol		1152	1152	1152	1152	1152	2304	2304	1152	1152
Balok anak		945	1890	1890	1890	1890	1890	1890	1890	945
Balok induk memanjang		3240	6480	6480	6480	6480	8100	8100	6480	3240
Balok induk melintang		864	864	864	864	864	864	864	864	864
Balok induk melintang		9216	9216	9216	9216	9216	13824	13824	9216	9216
Berat dinding		6375	12750	-	12750	-	6375	6375	-	6375
Berat kolom		6912	6912	6912	6912	6912	10368	10368	6912	6912
TOTAL (WDL) (kg)		47224	76304	63554	76304	63554	94567	94567	63554	47224
BEBAN HIDUP										
Plat atap		2588	5175	5175	5175	5175	6975	6975	5175	5175
TOTAL (WLL) (kg)		2588	5175	5175	5175	5175	6975	6975	5175	5175

TUGAS AKHIR

BERAT BANGUNAN TOTAL LANTAI 2 s/d 6 GD. A (MELINTANG)

URAIAN PEMBEBANAN		SUMBU (AS)								
BEBAN MATI		A	B	C	D	E	F	G	H	I
Berat plat lantai		33008	51422	36828	36828	36828	21762	21762	36828	18414
Balok lisplank		945	1890	1890	1890	1890	945	945	1890	945
Berat pagar		1350	2700	2700	2700	2700	3000	3000	2700	1350
Balok konsol		864	864	864	864	864	-	-	864	864
Balok anak		1296	2592	2592	2592	2592	1296	1296	2592	1296
Balok induk memanjang		6480	6480	6480	6480	6480	11772	11772	6480	6480
Balok induk melintang		6144	12288	12288	12288	12288	15168	15168	12288	6144
Balok induk melintang		864	864	864	864	864	864	864	864	432
Berat dinding		18750	25500	-	25500	-	18750	18750	-	18750
Berat tangga		-	-	-	-	-	22390	22390	-	-
Berat kolom		13824	13824	13824	13824	13824	20736	20736	13824	13824
TOTAL (WDL) (kg)		83525	118424	78330	103830	78330	116683	116683	78330	68499
BEBAN HIDUP										
Plat tangga		-	-	-	-	2062	2062	-	-	-
Plat lantai ruangan		4500	9000	9000	9000	4500	4500	9000	9000	9000
Plat lantai koridor		2025	4050	4050	4050	2025	2025	4050	4050	4050
TOTAL (WLL) (kg)		6525	13050	13050	13050	8587	8587	13050	13050	13050

TUGAS AKHIR

BERAT BANGUNAN TOTAL LANTAI 2 s/d 6 GD. A (MEMANJANG)

URAIAN PEMBEBANAN		SUMBU (AS)					
BEBAN MATI		2	3	4	5	6	7
Berat plat lantai	744	74466	71955	71955	74466	744	
Balok isiplank	-	6615	-	-	6615	-	
Berat pagar	2400	9450	-	-	9450	2400	
Balok konsol	-	3024	-	-	3024	-	
Balok anak	-	4536	4536	4536	4536	-	
Balok induk memanjang	1440	14796	14796	14796	14796	1440	
Balok induk melintang	1440	27648	27648	27648	27648	1440	
Balok induk melintang	-	-	3888	3888	-	-	
Berat dinding	-	23625	23625	23625	23625	-	
Berat tangga	-	11195	11195	11195	11195	-	
Berat kolom	6912	31104	31104	31104	31104	6912	
TOTAL (WDL) (kg)	12936	206459	188747	188747	206459	12936	
BEBAN HIDUP							
Plat tangga	-	1031	1031	1031	1031	-	
Plat lantai ruangan	-	15750	15750	15750	15750	-	
Plat lantai koridor	1200	7875	7875	7875	7875	1200	
TOTAL (WLL) (kg)	1200	24656	24656	24656	24656	1200	

TUGAS AKHIR

BERAT BANGUNAN TOTAL LANTAI 2 s/d 6 GD. B (MEMANJANG)

URAIAN PEMBEBANAN		SUMBU (AS)					
		1	3	4	5	6	8
BEBAN MATI							
Berat plat lantai		6696	87048	78120	78120	82584	6696
Balok lisplank		-	7560	-	-	7560	-
Berat pagar		3600	13200	-	-	13200	3600
Balok konsol		-	2304	-	-	2304	-
Balok anak		1080	5184	5184	5184	5184	1080
Balok induk memanjang		6144	19104	19104	19104	19104	6144
Balok induk melintang		4608	30720	30720	30720	30720	4608
Balok induk melintang		-	1080	4320	4320	1080	-
Berat dinding		-	27000	27000	27000	27000	-
Berat tangga		-	22390	22390	22390	22390	-
Berat kolom		6912	34560	34560	34560	34560	6912
TOTAL (WDL) (kg)		29040	250150	221398	221398	245686	29040
BEBAN HIDUP							
Plat tangga		-	2062	2062	2062	2062	-
Plat lantai ruangan		-	18000	18000	18000	18000	-
Plat lantai koridor		3600	12900	9900	9900	12900	3600
TOTAL (WLL) (kg)		3600	32962	29962	29962	32962	3600

TUGAS AKHIR

BERAT BANGUNAN TOTAL PLAT ATAP GD. A (MEMANJANG)

URAIAN PEMBEBANAN		SUMBU (AS)					
BEBAN MATI		2	3	4	5	6	7
Berat plat atap		10912	73656	67518	67518	73656	10912
Balok isplank		2310	-	-	-	-	2310
Profil isplank		550	-	-	-	-	550
Balok konsol		2304	-	-	-	-	2304
Balok anak		-	3780	3780	3780	3780	-
Balok induk memanjang		1440	12960	12960	12960	12960	1440
Balok induk melintang		1152	20736	20736	20736	20736	1152
Balok induk melintang		-	-	3888	3888	-	-
Berat dinding		-	11813	11813	11813	11813	-
Berat kolom		3456	15552	15552	15552	15552	3456
TOTAL (WDL) (kg)		22124	138497	136247	136247	138497	22124
BEBAN HIDUP							
Plat atap		1600	10800	9900	9900	10800	1600
TOTAL (WLL) (kg)		1600	10800	9900	9900	10800	1600

TUGAS AKHIR

BERAT BANGUNAN TOTAL LANTAI 2 s/d 6 GD. B (MELINTANG)

URAIAN PEMBEBANAN		SUMBU (AS)									
BEBAN MATI		I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Berat plat lantai		18414	36828	36828	36828	33759	33759	36828	36828	36828	18414
Balok lisplank		945	1890	1890	1890	945	945	1890	1890	1890	945
Berat pagar		1350	2700	2700	2700	4500	4500	2700	2700	2700	1350
Balok konsol		864	864	864	864	-	-	864	864	864	864
Balok anak		1296	2592	2592	2592	1296	1296	2592	2592	2592	1296
Balok induk memanjang		6480	6480	6480	6480	18432	18432	6480	6480	6480	6480
Balok induk melintang		6144	12288	12288	12288	21504	21504	12288	12288	12288	6144
Balok induk melintang		432	864	864	864	864	864	864	864	864	432
Berat dinding		18750	-	25500	-	12750	12750	-	25500	-	18750
Berat tangga		-	-	-	-	44780	44780	-	-	-	-
Berat kolom		13824	13824	13824	13824	20736	20736	13824	13824	13824	13824
TOTAL (WDL) (kg)		68499	78330	103830	78330	159566	159566	78330	103830	78330	68499
BEBAN HIDUP											
Plat tangga		-	-	-	-	4124	4124	-	-	-	-
Plat lantai ruangan		4500	9000	9000	9000	4500	4500	9000	9000	9000	4500
Plat lantai koridor		2025	4050	4050	4050	5625	5625	4050	4050	4050	2025
TOTAL (WLL) (kg)		6525	13050	13050	13050	14249	14249	13050	13050	13050	6525

TUGAS AKHIR

BERAT BANGUNAN TOTAL PLAT ATAP GD. B (MELINTANG)

URAIAN PEMBEBANAN		SUMBU (AS)									
BEBAN MATI		I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Berat plat atap		17647	35294	35294	35294	74594	74594	35294	35294	35294	17647
Balok lisplank		648	1296	1296	1296	3456	3456	1296	1296	1296	648
Profil lisplank		225	450	450	450	1200	1200	450	450	450	225
Balok konsol		1152	1152	1152	1152	2304	2304	1152	1152	1152	1152
Balok anak		945	1890	1890	1890	8145	8145	1890	1890	1890	945
Balok induk memanjang		3240	6480	6480	6480	17064	17064	6480	6480	6480	3240
Balok induk melintang		864	864	864	864	16992	16992	864	864	864	864
Balok induk melintang		9216	9216	9216	9216	864	864	9216	9216	9216	9216
Berat dinding		6375	-	12750	-	6375	6375	-	12750	-	6375
Berat kolom		6912	6912	6912	6912	10368	10368	6912	6912	6912	6912
TOTAL (WDL) (kg)		47224	63554	76304	63554	141362	141362	63554	76304	63554	47224
BEBAN HIDUP											
Piat atap		2588	5175	5175	5175	10938	10938	5175	5175	5175	2588
TOTAL (WLL) (kg)		2588	5175	5175	5175	10938	10938	5175	5175	5175	2588

TUGAS AKHIR

ILANGAN LENTUR + TORSI BALOK INDUK PLAT ATAP (DESAIN AKHIR)

SI	A	Tulangan Tumpuan												Tulangan Lapangan												
		As Tul Atas (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Smp. Kr (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Smp. Kr (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Tul Bawah (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Tul Atas (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Smp. Kr (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Smp. Kr (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Tul Bawah (mm ²)	Tul Pasang		
300	-	780	3 D 22	1140	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	368	2 D 22	780	127	2 D 22	780	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	370	2 D 22	780	-
300	-	1361	4 D 22	1571	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	716	2 D 22	780	568	2 D 22	780	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	1427	3 D 22	780	-
400	-	80	2 D 22	780	-	-	-	-	-	-	282	2 D 22	780	101	2 D 22	780	-	-	-	-	-	-	80	2 D 22	780	-
600	1880	1500	4 D 22	1521	485	4 φ 14	816	485	4 φ 14	816	1011	3 D 22	1140	788	3 D 22	1140	485	4 φ 14	816	485	4 φ 14	816	1250	4 D 22	1521	485
600	2982	2528.5	6 D 25	2945	745.5	2 φ 22	760	1210.25	4 φ 22	1521	2145.25	6 D 25	2454	2026.25	5 D 25	2454	1210.25	4 φ 22	1521	1210.25	4 φ 22	1521	4152.25	6 D 25	2945	745.5
600	-	1232	4 D 22	1571	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	548	2 D 22	780	253	2 D 22	780	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	620	2 D 22	780	-
600	4128	2431.5	5 D 25	2454	1031.5	3 φ 22	1140	1673.5	5 φ 22	1901	2348.5	6 D 25	2454	2144.5	5 D 25	2454	1673.5	5 φ 22	1901	1673.5	5 φ 22	1901	2584.5	6 D 25	2454	1031.5
600	4289	2513.25	6 D 25	2945	1072.25	3 φ 22	1140	1733.5	5 φ 22	1901	2463.5	6 D 25	2454	2108.5	5 D 25	2454	1733.5	5 φ 22	1901	1733.5	5 φ 22	1901	2461.5	6 D 25	2945	1072.25
600	-	1316	4 D 22	1571	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	675	2 D 22	780	263	2 D 22	780	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	646	2 D 22	780	-
400	-	1112	3 D 22	1140	-	-	-	-	-	-	603	2 D 22	780	-	2 D 22	780	-	-	-	-	-	-	-	-	3 D 22	1140

TUGAS AKHIR

-HITUNGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK PLAT LANTAI

j	Vu (N)	Vu pakai (N)	b (mm)	h (mm)	t (mm)	d (mm)	$\sum x^2 y$ mm ³	Tu min (Nmm)	Cek Torsi	Ct	Tc (Nmm)	Ts (Nmm)	ϕ sengkang	As (mm ²)	X1 (mm)	Y1 (mm)	ort	At/s	Vc (N)	Vs (N)	Av/s	Av/sk	S (mm)	S maks (mm)
30	162300	12586	300	500	120	437	50184000	8246072.8	tidak	-	-	-	12	226	-	-	-	-	119877.36	150822.82	-	-	94.254386	216.5
	258200	205187.73	400	800	120	737	133184000	21894364	tidak	-	-	-	12	226	-	-	-	-	289114.35	157885.85	-	-	151.91228	368.5
60	90500	85085	300	400	120	337	41184000	8787221.7	tidak	-	-	-	12	226	-	-	-	-	92281.251	58542.082	-	-	187.34083	168.5
90	338700	272035.43	400	800	120	737	133184000	21894364	perlu	0.002	37801367	84183633	12	226	308	708	1.43	1.123	173105.25	383061.41	2.222	4.4673	60.880296	368.5
	225800	180903.18	400	800	120	737	133184000	21894364	tidak	-	-	-	12	226	-	-	-	-	289114.35	107365.85	-	-	223.35319	368.5
100	232800	188429.78	400	800	120	737	133184000	21894364	perlu	0.002	42422201	136282789	12	226	308	708	1.43	1.817	88298.824	288711.38	1.838	5.2728	42.861543	368.5
100	221800	181111	400	800	120	737	133184000	21894364	tidak	-	-	-	12	226	-	-	-	-	289114.35	100218.98	-	-	238.3252	368.5
100	358700	287260.84	400	800	120	737	133184000	21894364	perlu	0.002	31526673	31188327	12	226	308	708	1.43	0.418	232741.16	365092.18	2.064	3.8959	78.042678	368.5
100	260900	208931.54	400	800	120	737	133184000	21894364	perlu	0.002	36721878	45753022	12	226	308	708	1.43	0.623	184458.47	260373.86	1.418	2.6524	84.886067	368.5
500	281800	225748.57	400	800	120	737	133184000	21894364	tidak	-	-	-	12	226	-	-	-	-	289114.35	200718.96	-	-	119.48507	368.5
600	167100	145170	300	500	120	437	50184000	8246072.8	tidak	-	-	-	12	226	-	-	-	-	119877.36	182155.95	-	-	74.011383	216.5
900	138500	101411	300	500	120	437	50184000	8246072.8	tidak	-	-	-	12	226	-	-	-	-	119877.36	107822.82	-	-	131.8993	216.5
2155	202900	162484.51	400	800	120	737	133184000	21894364	perlu	0.002	38296537	41590388	12	226	308	708	1.43	0.555	163508.03	174859.83	0.687	2.0986	107.7912	368.5
800	84400	84400	300	400	120	337	41184000	8787221.7	tidak	-	-	-	12	226	-	-	-	-	92281.251	15042.082	-	-	728.10985	168.5

TUGAS AKHIR

ULANGAN LENTUR + TORSI BALOK INDUK PLAT LANTAI (DESAIN AKHIR)

nsi	h (mm)	A Oplih (mm ²)	Tulangan Tumpuan										Tulangan Lapangan												
			As Tul Atas (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Smp. Kr (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Smp. Kr (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Tul Bawah (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Tul Atas (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Smp. Kr (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Smp. Kr (mm ²)	Tul Pasang	As Pasang (mm ²)	As Tul Bawah (mm ²)	
500	-	2427	5 D 25	2454	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	1827	4 D 25	1863	152	2 D 25	882	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	367	2 D 25	882
800	-	3219	7 D 25	3436	-	2 φ 12	226	-	2 φ 12	226	1883	4 D 25	1863	978	2 D 25	882	-	2 φ 12	226	-	2 φ 12	226	1864	4 D 25	1863
400	-	1402	3 D 25	1472	-	-	-	-	-	-	1011	3 D 25	1473	104	2 D 25	882	-	-	-	-	-	-	1011	3 D 25	1473
800	2282	4479.5	10 D 25	4910	570.5	4 φ 14	618	570.5	4 φ 14	618	2568.5	8 D 25	2945	1138.5	3 D 25	1473	570.5	4 φ 14	618	570.5	4 φ 14	618	1985.5	5 D 25	2945
800	-	3064	7 D 25	3436	-	2 φ 12	226	-	2 φ 12	226	1849	4 D 25	1863	597	2 D 25	882	-	2 φ 12	226	-	2 φ 12	226	1477	4 D 25	1863
800	3692	4236	8 D 25	4415	923	4 φ 19	1134	923	4 φ 19	1134	2329	7 D 25	3436	1387	3 D 25	1473	923	4 φ 19	1134	923	4 φ 19	1134	2079	5 D 25	3436
800	-	2841	6 D 25	2945	-	2 φ 12	226	-	2 φ 12	226	2408	5 D 25	2454	142	2 D 25	882	-	2 φ 12	226	-	2 φ 12	226	354	2 D 25	882
900	1241	4376.25	9 D 25	4418	310.25	3 φ 14	462	310.25	3 φ 14	462	2287.25	5 D 25	2454	1087.25	3 D 25	1473	310.25	3 φ 14	462	310.25	3 φ 14	462	2187.25	5 D 25	2454
800	1531	3569.75	6 D 25	3827	382.75	3 φ 14	462	382.75	3 φ 14	462	2209.75	5 D 25	2454	849.75	2 D 25	882	382.75	3 φ 14	462	382.75	3 φ 14	462	1796.75	4 D 25	1863
800	-	3581	8 D 25	3927	-	2 φ 12	226	-	2 φ 12	226	1974	4 D 25	1863	743	2 D 25	882	-	2 φ 12	226	-	2 φ 12	226	1862	4 D 25	1863
500	-	2782	6 D 25	2946	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	1967	5 D 25	2454	194	2 D 25	882	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	486	2 D 25	882
500	-	1906	4 D 25	1863	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	1231	3 D 25	1473	222	2 D 25	882	-	1 φ 12	113	-	1 φ 12	113	507	2 D 25	882
800	1902	3119.5	7 D 25	3436	475.5	4 φ 14	618	475.5	4 φ 14	618	1942.5	4 D 25	1863	898.5	2 D 25	882	475.5	4 φ 14	618	475.5	4 φ 14	618	1530.5	4 D 25	1863
400	-	1019	3 D 25	1473	-	-	-	-	-	-	554	2 D 25	882	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TUGAS AKHIR

RHITUNGAN GESER DAN TORSI BALOK INDUK PLAT ATAP

i	Vu	Vu pakai	b	h	t	d	$\sum x^2.y$	Tu min	Cek	Ct	Tc	Ts	ϕ sengkang	As	X1	Y1	dt	Ad/s	Vc	Vs	Av/s	Av/s	S	S maks
(m)	(N)	(N)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	mm ³	(Nmm)	Torsi		(Nmm)	(Nmm)		(mm ²)	(mm)	(mm)			(N)	(N)			(mm)	(mm)
000	74900	64029.378	400	800	120	537	101184000	16626228	perlu	0.002	32162393	30738274	12	226	306	508	1.22	0.673	88679.777	58153.557	0.436	1.7818	126.854	268.5
300	62000	48106	300	500	120	437	50184000	8248072.6	tidak	-	-	-	12	226	-	-	-	-	119677.38	-18344.05	-	-	542.4	219.5
	118200	101045.03	400	800	120	537	101184000	16626228	tidak	-	-	-	12	226	-	-	-	-	198084.68	915.32441	-	-	13092.824	268.5
500	37700	27113	300	400	120	337	41184000	6767221.7	tidak	-	-	-	12	228	-	-	-	-	92291.251	-29457.92	-	-	542.4	168.5
2000	150900	128999.11	400	800	120	537	106388000	17478046	perlu	0.002	34706174	133884826	14	308	308	508	1.22	2.86	65541.74	185958.26	1.52	7.4407	87.93856	268.5
000	85200	72834.486	400	800	120	537	101184000	16626228	tidak	-	-	-	12	228	-	-	-	-	198084.68	-54084.68	-	-	436.8	268.5
3000	115800	89076.838	400	800	120	537	101184000	16626228	perlu	0.002	32725802	80574198	14	306	306	508	1.22	1.78	59973.081	133193.58	1.033	4.5942	81.56295	268.5
0000	98400	84119.203	400	800	120	537	101184000	16626228	perlu	0.002	33271489	80028531	14	308	308	508	1.22	1.768	51595.828	112404.17	0.872	4.4088	83.25488	268.5
000	145000	116181	400	800	120	537	101184000	16626228	tidak	-	-	-	12	226	-	-	-	-	198084.68	45081.891	-	-	393.38884	268.5
700	55500	55500	300	400	120	337	41184000	6767221.7	tidak	-	-	-	12	228	-	-	-	-	92291.251	208.74906	-	-	51538.335	168.5

TUGAS AKHIR

EL PENULANGAN LONGITUDINAL BALOK INDUK PLAT ATAP AKIBAT TORSI

#k	Tu (Nmm)	Vu (N)	Ct	b (mm)	h (mm)	X1 (mm)	Y1 (mm)	At/s	Jarak sengkang (S) (mm)	At (mm ²)	A1 (mm ²)	A2 (mm ²)	A Di
1	37741000	64029	0.002	400	600	308	508	0.679	125	84.875	1108.128	1860.48	1860.48
2	101202000	128999	0.002	400	600	308	508	2.966	65	192.79	2981.512	-1699.75	2981.512
3	67980000	99078	0.002	400	600	308	508	4.249	80	339.92	4125.895	-3870.58	4125.895
4	67980000	84119	0.002	400	600	308	508	4.249	80	339.92	4289.398	-3777.44	4289.398

EL PENULANGAN LONGITUDINAL BALOK INDUK PLAT LANTAI AKIBAT TORSI

#k	Tu (Nmm)	Vu (N)	Ct	b (mm)	h (mm)	X1 (mm)	Y1 (mm)	At/s	Jarak sengkang (S) (mm)	At (mm ²)	A1 (mm ²)	A2 (mm ²)	A Di
1	73071000	272035	0.002	400	800	308	708	1.123	50	56.15	2281.936	643.9442	2281.936
2	107229000	186429	0.002	400	800	308	708	1.817	40	72.68	3692.144	-16.0298	3692.144
3	37629000	287251	0.002	400	800	308	708	0.416	75	31.2	845.312	1241.272	1241.272
4	47932155	162485	0.002	400	800	308	708	0.555	100	55.5	1127.76	1901.88	1901.88
5	50085000	208932	0.002	400	800	308	708	0.623	80	49.84	1265.936	1530.885	1530.885

TUGAS AKHIR

Kolom Eksterior (As 3 I - R & As 6 I - R)

	Balok			Konsol			Kolom			I _g Balok (mm ⁴)	I _g Konsol (mm ⁴)	I _g Kolom (mm ⁴)	E _c (Mpa)	β _d	EI Balok (Nmm ²)	EI Konsol (Nmm ²)	EI Kolom (Nmm ²)	ψ _{bawah}	ψ _{atas}	k	r	(k.lu)/r
	b (mm)	h (mm)	lu (mm)	b (mm)	h (mm)	lu (mm)	b (mm)	h (mm)	lu (mm)													
1	400	800	7400	300	400	1500	600	600	4200	1.71E+10	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	5.49E+12	7.41E+13	0	3.52	1.33	180	31.03
2	400	800	7400	300	400	1500	600	600	3200	1.71E+10	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	5.49E+12	7.41E+13	3.52	4	1.95	180	45.5
3	400	800	7400	300	400	1500	600	600	3200	1.71E+10	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	5.49E+12	7.41E+13	4	4	2	180	46.67
4	400	800	7400	300	400	1500	600	600	3200	1.71E+10	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	5.49E+12	7.41E+13	4	4	2	180	46.67
5	400	800	7400	300	400	1500	600	600	3200	1.71E+10	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	5.49E+12	7.41E+13	4	3.88	1.97	180	45.9
6	400	600	7400	300	400	2000	600	600	3400	7.2E+09	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	2.47E+13	5.49E+12	7.41E+13	3.88	3.58	1.98	180	45.73

ENTUAN PANJANG TEKUK KOLOM INTERIOR

Kolom Interior (As 4 I - R & As 5 I - R)

m	Balok 1			Balok 2			Kolom			I _g Balok 1 (mm ⁴)	I _g Balok 2 (mm ⁴)	I _g Kolom (mm ⁴)	E _c (Mpa)	β _d	EI Balok 1 (Nmm ²)	EI Balok 2 (Nmm ²)	EI Kolom (Nmm ²)	ψ _{bawah}	ψ _{atas}	k	r	(k.lu)/r
	b (mm)	h (mm)	lu (mm)	b (mm)	h (mm)	lu (mm)	b (mm)	h (mm)	lu (mm)													
ai 1	400	800	7400	300	400	2400	600	600	4200	1.71E+10	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	5.49E+12	7.41E+13	0	3.99	1.4	180	32.67
ai 2	400	800	7400	300	400	2400	600	600	3200	1.71E+10	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	5.49E+12	7.41E+13	3.99	4.54	2.05	180	47.83
ai 3	400	800	7400	300	400	2400	600	600	3200	1.71E+10	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	5.49E+12	7.41E+13	4.54	4.54	2.11	180	49.23
ai 4	400	800	7400	300	400	2400	600	600	3200	1.71E+10	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	5.49E+12	7.41E+13	4.54	4.54	2.11	180	49.23
ai 5	400	800	7400	300	400	2400	600	600	3200	1.71E+10	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	5.49E+12	7.41E+13	4.54	4.41	2.08	180	48.53
ai 6	400	600	7400	300	400	2400	600	600	3400	7.2E+09	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	2.47E+13	5.49E+12	7.41E+13	4.41	3.87	2.02	180	47.13

TUGAS AKHIR

TUAN PANJANG TEKUK KOLOM EKSTERIOR

Kolom Eksterior (As 1 M - N & As 8 M - N)

Balok			Konsol			Kolom			I _g Balok (mm ⁴)	I _g Konsol (mm ⁴)	I _g Kolom (mm ⁴)	E _c (Mpa)	β _d	EI Balok (Nmm ²)	EI Konsol (Nmm ²)	EI Kolom (Nmm ²)	ψ bawah	ψ atas	k	r	(k.l _u)/r	Ke
b (mm)	h (mm)	l _u (mm)	b (mm)	h (mm)	l _u (mm)	b (mm)	h (mm)	l _u (mm)														
400	800	5400	-	-	-	600	600	4200	1.71E+10	-	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	-	7.41E+13	0	3.76	1.43	180	33.37	L
400	800	5400	-	-	-	600	600	3200	1.71E+10	-	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	-	7.41E+13	3.76	4.27	2.05	180	47.83	L
400	800	5400	-	-	-	600	600	3200	1.71E+10	-	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	-	7.41E+13	4.27	4.27	2.05	180	47.83	L
400	800	5400	-	-	-	600	600	3200	1.71E+10	-	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	-	7.41E+13	4.27	4.27	2.05	180	47.83	L
400	800	5400	-	-	-	600	600	3200	1.71E+10	-	1.1E+10	25743	0.5	5.86E+13	-	7.41E+13	4.27	4.14	2.05	180	47.83	L
400	600	5400	300	400	2000	600	600	3400	7.2E+09	1.6E+09	1.1E+10	25743	0.5	2.47E+13	5.49E+12	7.41E+13	4.14	1.6	1.95	180	45.5	L

TUGAS AKHIR

PENULANGAN KOLOM

Dimensi				Kolom Eksterior (As 3 I - R & 6 I - R)										Pu Ag	Moy Ag . h	P _{seksi}	As (mm ²)	Tulangan Pasang
b (mm)	h (mm)	δb	δs	M _{2bx} (Nmm)	M _{2by} (Nmm)	M _{2sx} (Nmm)	M _{2sy} (Nmm)	M _{ux} (Nmm)	M _{uy} (Nmm)	M _{uy/Mux}	b/h	Moy (Nmm)	Pu (N)					
600	600	1.24	1.1	43700000	34900000	1.5E+08	4.97E+08	2.19E+08	5.9E+08	2.700427	1	7.08E+08	2910000	8.063	3.2784	2%	7200	15 D 25
600	600	1.24	1.16	70500000	63900000	1.44E+08	4.45E+08	2.55E+08	5.95E+08	2.338021	1	7.32E+08	2400000	6.667	3.3902	2.20%	7920	17 D 25
600	600	1.2	1.129	32100000	56900000	1.33E+08	4.04E+08	1.89E+08	4.63E+08	2.453959	1	5.65E+08	1900000	5.278	2.6155	1%	3600	8 D 25
600	600	1.14	1.092	64600000	62900000	1.23E+08	3.49E+08	2.08E+08	4.53E+08	2.178647	1	5.64E+08	1420000	3.944	2.6132	1.10%	3960	9 D 25
600	600	1.09	1.057	62400000	61000000	96600000	26400000	1.7E+08	94394800	0.554865	1	1.86E+08	938100	2.606	0.8611	1%	3600	8 D 25
600	600	1.04	1.025	1.05E+08	99800000	1.16E+08	1.82E+08	2.28E+08	2.9E+08	1.271549	1	4.13E+08	460300	1.279	1.9114	1%	3600	8 D 25

Dimensi				Kolom Interior (As 4 I - R & 5 I - R)										Pu Ag	Moy Ag . h	P _{seksi}	As (mm ²)	Tulangan Pasang
b (mm)	h (mm)	δb	δs	M _{2bx} (Nmm)	M _{2by} (Nmm)	M _{2sx} (Nmm)	M _{2sy} (Nmm)	M _{ux} (Nmm)	M _{uy} (Nmm)	M _{uy/Mux}	b/h	Moy (Nmm)	Pu (N)					
600	600	1.13	1.1	84100000	51500000	1.02E+08	5.09E+08	2.07E+08	6.18E+08	2.992143	1	7.3E+08	3100000	8.611	3.3783	2.20%	7920	17 D 25
600	600	1.3	1.16	1.37E+08	87800000	9800000	5E+08	1.89E+08	6.94E+08	3.663691	1	7.96E+08	2540000	7.056	3.6835	2.50%	9000	18 D 25
600	600	1.23	1.129	1.21E+08	75700000	3700000	4.54E+08	1.53E+08	6.06E+08	3.945061	1	6.88E+08	1980000	5.5	3.1862	2%	7200	15 D 25
600	600	1.16	1.092	1.24E+08	77400000	9400000	3.99E+08	1.54E+08	5.25E+08	3.417683	1	6.08E+08	1430000	3.972	2.8161	1.80%	6480	14 D 25
600	600	1.09	1.057	1.3E+08	60900000	5800000	3.26E+08	1.48E+08	4.11E+08	2.784134	1	4.91E+08	883000	2.453	2.2723	1.40%	5040	11 D 25
600	600	1.03	1.025	1.15E+08	1.1E+08	20300000	1.7E+08	1.39E+08	2.87E+08	2.057409	1	3.62E+08	331400	0.921	1.6761	1.10%	3960	9 D 25

TUGAS AKHIR

ENULANGAN KOLOM

Dimensi		Kolom Eksterior (As 1 M - N & 8 M - N)											$\frac{P_u}{A_g}$	$\frac{M_{oy}}{A_g \cdot h}$	ρ_{perlu}	As	Tulangan	
i	h	δ_b	δ_s	M_{2bx}	M_{2by}	M_{2sx}	M_{2sy}	M_{ux}	M_{uy}	M_{uy}/M_{ux}	b/h	M_{oy}	P_u	$\frac{P_u}{A_g}$	$\frac{M_{oy}}{A_g \cdot h}$	ρ_{perlu}	As	Tulangan
(m)	(mm)			(Nmm)	(Nmm)	(Nmm)	(Nmm)	(Nmm)	(Nmm)			(Nmm)	(N)				(mm ²)	Pasang
10	600	1.16	1.139	64900000	37600000	1.3E+08	4.63E+08	2.23E+08	5.71E+08	2.5605	1	6.91E+08	1850000	5.139	3.2012	1.85%	6660	13 D 25
20	600	1.17	1.141	1.04E+08	56900000	99400000	3.44E+08	2.35E+08	4.59E+08	1.956618	1	5.86E+08	1570000	4.361	2.7116	1.10%	3960	9 D 25
30	600	1.13	1.113	87900000	63100000	1.02E+08	3.19E+08	2.12E+08	4.26E+08	2.005652	1	5.4E+08	1280000	3.556	2.5018	1.11%	3960	9 D 25
40	600	1.1	1.081	88500000	66400000	94700000	2.82E+08	2E+08	3.77E+08	1.889887	1	4.85E+08	980000	2.722	2.2453	1.20%	4320	9 D 25
50	600	1.07	1.052	95400000	75400000	89400000	2.36E+08	1.96E+08	3.29E+08	1.678304	1	4.35E+08	690000	1.917	2.0128	1.20%	4320	9 D 25
60	600	1.04	1.025	76700000	64700000	53800000	1.27E+08	1.35E+08	1.97E+08	1.462113	1	2.7E+08	390000	1.083	1.2496	1%	3600	8 D 25

TUGAS AKHIR

Dimensi		Kolom Interior (As 4 I - R & As 5 I - R)						Cek Tulangan Geser	Diameter sengkang (mm)	S maks (mm)	Digunakan Sengkang	(S) Daerah Sendi plastis (mm)	S maks (mm)	Digun Seng
b (mm)	h (mm)	d (mm)	Nu (N)	Vu (N)	Vc (N)	ϕVc (N)	$0,5 \phi Vc$ (N)							
00	600	535.5	3100000	175700	947423.1	568453.9	284226.9	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	144.649004	100	$\phi 12 -$
00	600	535.5	2540000	245700	882244.1	529346.5	264673.2	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	103.438462	100	$\phi 12 -$
00	600	535.5	1980000	218600	817065.1	490239.1	245119.5	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	116.261802	100	$\phi 12 -$
00	600	535.5	1430000	188000	753050.1	451830	225915	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	135.185266	100	$\phi 12 -$
00	600	535.5	883000	148500	689384.2	413630.5	206815.2	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	171.143636	100	$\phi 12 -$
00	600	535.5	331400	91900	625182.9	375109.7	187554.9	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	276.548749	100	$\phi 12 -$

Dimensi		Kolom Eksterior (As 3 I - R & As 6 I - R)						Cek Tulangan Geser	Diameter sengkang (mm)	S maks (mm)	Digunakan Sengkang	(S) Daerah Sendi plastis (mm)	S maks (mm)	Digun Seng
b (mm)	h (mm)	d (mm)	Nu (N)	Vu (N)	Vc (N)	ϕVc (N)	$0,5 \phi Vc$ (N)							
600	600	535.5	2910000	167000	925308.8	555185.3	277592.6	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	152.184611	100	$\phi 12 -$
600	600	535.5	2400000	219700	865949.4	519569.6	259784.8	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	115.6797	100	$\phi 12 -$
600	600	535.5	1900000	194000	807753.8	484652.3	242326.2	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	131.004278	100	$\phi 12 -$
600	600	535.5	1420000	162600	751886.1	451131.7	225565.8	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	156.302768	100	$\phi 12 -$
600	600	535.5	938100	118600	695797.3	417478.4	208739.2	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	214.290304	100	$\phi 12 -$
600	600	535.5	460300	76800	640185.7	384111.4	192055.7	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	330.922266	100	$\phi 12 -$

TUGAS AKHIR

ABEL PENULANGAN GESER KOLOM

Kolom	Dimensi		Kolom Eksterior (As 1 I - R & As 8 I - R)						Cek Tulangan Geser	Diameter sengkang (mm)	S maks (mm)	Digunakan Sengkang	(S) Daerah Sendi plastis (mm)	S maks (mm)
	b (mm)	h (mm)	d (mm)	Nu (N)	Vu (N)	Vc (N)	ϕVc (N)	$0,5 \phi Vc$ (N)						
antai 1	600	600	535.5	1850000	153600	801934.3	481160.6	240580.3	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	165.461133	100
antai 2	600	600	535.5	1570000	171100	769344.8	461606.9	230803.4	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	148.537873	100
antai 3	600	600	535.5	1280000	152400	735591.4	441354.8	220677.4	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	166.763976	100
antai 4	600	600	535.5	980000	131300	700674.1	420404.4	210202.2	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	193.563062	100
antai 5	600	600	535.5	690000	106000	666920.7	400152.4	200076.2	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	239.762547	100
antai 6	600	600	535.5	390000	61700	632003.4	379202	189601	Tak perlu	12	200	$\phi 12 - 200$	411.909724	100

TUGAS AKHIR

TABEL PEMBESARAN MOMEN PADA KOLOM

Kolom	EI Kolom (Nmm ²)	Kolom Eksterior (As 3 I - R & 6 I - R)									ΣPu (N)	ΣPc (N)	δ_s
		k. Lu (mm)	Pu (N)	M_{2bx} (Nmm)	M_{2by} (Nmm)	M_{2ax} (Nmm)	M_{2ay} (Nmm)	Pc (N)	Cm	δ_c			
Lantai 1	7.41E+13	5586	2910000	43700000	34900000	149500000	497400000	23414001.5	1	1.24	12020000	87908172.8	1.1
Lantai 2	7.41E+13	6240	2400000	70500000	63900000	144100000	444800000	18763261.2	1	1.24	9880000	71481216.4	1.16
Lantai 3	7.41E+13	6400	1900000	62100000	56900000	133100000	404300000	17836825.2	1	1.2	7760000	67724727.8	1.129
Lantai 4	7.41E+13	6400	1420000	64600000	62900000	122800000	348800000	17836825.2	1	1.14	5700000	67724727.8	1.092
Lantai 5	7.41E+13	6400	938100	62400000	61000000	96600000	264000000	17836825.2	1	1.09	3642200	67724727.8	1.057
Lantai 6	7.41E+13	6664	460300	104700000	99800000	116300000	181700000	16451576.7	1	1.04	1583400	63880693.5	1.025

Kolom	EI Kolom (Nmm ²)	Kolom Interior (As 4 I - R & 5 I - R)									ΣPu (N)	ΣPc (N)	δ_s
		k. Lu (mm)	Pu (N)	M_{2bx} (Nmm)	M_{2by} (Nmm)	M_{2ax} (Nmm)	M_{2ay} (Nmm)	Pc (N)	Cm	δ_c			
Lantai 1	7.41E+13	5964	3100000	84100000	51500000	101500000	509300000	20540084.9	1	1.13	12020000	87908172.8	1.1
Lantai 2	7.41E+13	6560	2540000	136900000	87800000	98000000	499600000	16977347	1	1.3	9880000	71481216.4	1.16
Lantai 3	7.41E+13	6752	1980000	121400000	75700000	37000000	453900000	16025538.7	1	1.23	7760000	67724727.8	1.129
Lantai 4	7.41E+13	6752	1430000	123700000	77400000	94000000	399000000	16025538.7	1	1.16	5700000	67724727.8	1.092
Lantai 5	7.41E+13	6752	883000	129900000	60800000	58000000	326400000	16025538.7	1	1.09	3642200	67724727.8	1.057
Lantai 6	7.41E+13	6868	331400	115200000	109700000	203000000	169700000	15489770	1	1.03	1583400	63880693.5	1.025

TUGAS AKHIR

TABEL PEMBESARAN MOMEN PADA KOLOM

Kolom	EI Kolom (Nmm ²)	Kolom Eksterior (As 1 M - N & 8 M - N)									ΣPu (N)	ΣPc (N)	δ_c
		k - Lu (mm)	Pu (N)	M_{2bx} (Nmm)	M_{2by} (Nmm)	M_{2bx} (Nmm)	M_{2by} (Nmm)	Pc (N)	Cm	δ_c			
Lantai 1	7.41E+13	6006	1850000	64900000	37600000	129800000	483300000	20253815.4	1	1.16	15720000	128415804	1.139
Lantai 2	7.41E+13	6560	1570000	103700000	56900000	99400000	344200000	16977347	1	1.17	13020000	105435810	1.141
Lantai 3	7.41E+13	6560	1280000	87900000	63100000	101600000	318700000	16977347	1	1.13	10320000	101679422	1.113
Lantai 4	7.41E+13	6560	980000	88500000	66400000	94700000	281600000	16977347	1	1.1	7660000	101679422	1.081
Lantai 5	7.41E+13	6560	690000	95400000	75400000	89400000	236200000	16977347	1	1.07	5022200	101679422	1.052
Lantai 6	7.41E+13	6630	390000	76700000	64700000	53800000	126800000	16620743.5	1	1.04	2363400	97122180.5	1.025

TUGAS AKHIR

FABEL PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK PLAT LANTAI SEMENTARA

$f_c = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 350 \text{ Mpa}$

$t = 120 \text{ mm}$

Balok	Daerah	Mu (Nm)	be (mm)	b (mm)	h (mm)	d (mm)	d' (mm)	Rn	ρd	ρ'	$\rho \text{ perlu}$	$\rho \text{ akt}$	$\rho \text{ pakai}$	As Tarik (mm ²)	As Tekan (mm ²)	Tulangan Tarik		Tulangan Tekan		e (mm)	t (mm)
																Jml	As (mm ²)	Jml	As (mm ²)		
B 25	Tumpuan -	784100000	2000	400	800	737	63	2.255571	0.00676	0.00705	0.0138		0.0138	4068.24	2077.416	9 D 25	4418	5 D 25	2454	67.39	120
	Tumpuan +	302500000		400	800	737	63	0.174037	0.0005	0.00054	0.00104	0.001355	0.00135	1997.27	801.4519	5 D 25	2454	2 D 25	982	50.51	120
	Lapangan	285700000		400	800	737	63	0.164371	0.00047	0.00051	0.00098	0.00128	0.00128	1886.72	756.9415	4 D 25	1963	2 D 25	982	33.66	120
B 26	Tumpuan -	640200000	1067	400	800	737	63	1.841623	0.00547	0.00575	0.01122		0.01122	3307.656	1696.164	7 D 25	3436	4 D 25	1963	50.54	120
	Tumpuan +	276300000		400	800	737	63	0.297962	0.00086	0.00093	0.00179	0.002323	0.00232	1826.758	732.0369	4 D 25	1963	2 D 25	982	33.66	120
	Lapangan	213900000		400	800	737	63	0.23067	0.00066	0.00072	0.00138	0.001798	0.0018	1413.909	586.7126	3 D 25	1473	2 D 25	982	16.65	120
B 27	Tumpuan -	688000000	2000	400	800	737	63	1.979126	0.00589	0.00618	0.01208		0.01208	3561.184	1822.806	8 D 25	3927	4 D 25	1963	67.39	120
	Tumpuan +	283800000		400	800	737	63	0.163278	0.00047	0.00051	0.00098	0.001272	0.00127	1874.928	751.9076	4 D 25	1963	2 D 25	982	33.66	120
	Lapangan	280600000		400	800	737	63	0.161437	0.00046	0.0005	0.00097	0.001257	0.00126	1852.818	743.4294	4 D 25	1963	2 D 25	982	33.66	120
B 28	Tumpuan -	304600000	1125	300	500	437	63	3.322965	0.01021	0.01109	0.0213		0.0213	2792.43	1454.354	6 D 25	2945	3 D 25	1473	67.35	120
	Tumpuan +	186000000		300	500	437	63	0.5411	0.00156	0.00181	0.00337	0.00438	0.004	1966.5	888.0825	5 D 25	2454	2 D 25	982	67.35	120
	Lapangan	406000000		300	500	437	63	0.118111	0.00034	0.00039	0.00073	0.000952	0.00095	468.027	193.8503	2 D 25	982	2 D 25	982	0	120
B 29	Tumpuan -	210300000	633	300	500	437	63	2.294221	0.00888	0.00766	0.01454		0.01454	1906.194	1004.106	4 D 25	1963	3 D 25	1473	22.42	120
	Tumpuan +	137900000		300	500	437	63	0.712981	0.00207	0.00238	0.00445	0.00445	0.00445	1230.963	658.4225	3 D 25	1473	2 D 25	982	22.46	120
	Lapangan	465000000		300	500	437	63	0.240418	0.00069	0.0008	0.00149	0.001941	0.00194	536.5214	222.0206	2 D 25	982	2 D 25	982	0	120
B24	Tumpuan -	613600000	1067	400	800	737	63	1.477441	0.00435	0.00462	0.00897		0.00897	2644.356	1360.746	6 D 25	2945	3 D 25	1473	50.51	120
	Tumpuan +	222000000		400	800	737	63	0.239405	0.00069	0.00075	0.00144	0.001866	0.00187	1467.383	568.173	3 D 25	1473	2 D 25	982	16.85	120
	Lapangan	159700000		400	800	737	63	0.172221	0.00049	0.00054	0.00103	0.001341	0.00134	1054.534	423.1136	3 D 25	1473	2 D 25	982	16.85	120
K2	Tumpuan -	85000000	1067	300	400	337	63	1.559258	0.0046	0.00548	0.01008		0.01008	1019.088	553.9625	3 D 25	1473	2 D 25	982	22.46	120

TUGAS AKHIR

TABEL PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK PLAT LANTAI SEMENTARA

$f'_c = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 350 \text{ Mpa}$

$l = 120 \text{ mm}$

Balok	Daerah	Mu (Nm)	be (mm)	b (mm)	h (mm)	d (mm)	d' (mm)	Rn	ρ	ρ'	ρ perlu	ρ dit	ρ pakai	As Tarik (mm ²)	As Tekan (mm ²)	Tulangan Tarik		Tulangan Tekan		a (mm)	t (mm)
																Jmlh	As (mm ²)	Jmlh	As (mm ²)		
B9	Tumpuan -	265900000		300	500	437	63	2.900776	0.00882	0.00968	0.01851		0.01851	2426.661	1269.576	5 D 25	2454	3 D 25	1473	44.88	120
	Tumpuan +	166600000	1125	300	500	437	63	0.484653	0.0014	0.00162	0.00302	0.003921	0.00392	1927.662	795.4545	4 D 25	1963	2 D 25	982	44.88	120
	Lapangan	31800000	1125	300	500	437	63	0.092511	0.00026	0.00031	0.00057	0.000746	0.00075	366.7523	151.8335	2 D 25	982	2 D 25	982	0	120
B10	Tumpuan -	623200000		400	800	737	63	1.79272	0.00532	0.0056	0.01092		0.01092	3219.216	1651.123	7 D 25	3436	3 D 25	1473	67.36	120
	Tumpuan +	254900000	2000	400	800	737	63	0.146651	0.00042	0.00046	0.00088	0.001142	0.00114	1683.308	675.3391	4 D 25	1963	2 D 25	982	33.66	120
	Lapangan	255200000	2000	400	800	737	63	0.146824	0.00042	0.00046	0.00088	0.001143	0.00114	1684.782	676.134	4 D 25	1963	2 D 25	982	33.66	120
B12	Tumpuan -	116400000		300	400	337	63	2.135266	0.00638	0.0075	0.01388		0.01388	1403.268	756.6027	3 D 25	1473	2 D 25	982	22.46	120
	Tumpuan +	80700000	750	300	400	337	63	0.592151	0.00171	0.00208	0.00379	0.004931	0.004	1011	525.9395	3 D 25	1473	2 D 25	982	22.46	120
	Lapangan	1600000	750	300	400	337	63	0.01174	3.4E-05	4.1E-05	7.5E-05	9.73E-05	0.004	1011	10.42753	3 D 25	1473	2 D 25	982	22.46	120
B14	Tumpuan -	754100000		400	800	737	63	2.169272	0.00549	0.00678	0.01326		0.01326	3909.048	1997.933	8 D 25	3927	5 D 25	2454	50.54	120
	Tumpuan +	254200000	2000	400	800	737	63	0.146248	0.00042	0.00046	0.00088	0.001139	0.00114	1678.896	673.4845	4 D 25	1963	2 D 25	982	33.66	120
	Lapangan	214300000	2000	400	800	737	63	0.123293	0.00035	0.00039	0.00074	0.00096	0.00096	1415.04	567.7724	3 D 25	1473	2 D 25	982	16.85	120
B15	Tumpuan -	592000000		400	800	737	63	1.702969	0.00504	0.00532	0.01036		0.01036	3054.128	1568.461	7 D 25	3436	4 D 25	1963	50.54	120
	Tumpuan +	249900000	2000	400	800	737	63	0.143774	0.00041	0.00045	0.00089	0.001119	0.00112	1649.406	662.092	4 D 25	1963	2 D 25	982	33.66	120
	Lapangan	223700000	2000	400	800	737	63	0.126701	0.00037	0.0004	0.00077	0.001002	0.001	1476.948	592.677	4 D 25	1963	2 D 25	982	33.66	120
B22	Tumpuan -	641500000		400	800	737	63	1.845353	0.00548	0.00577	0.01124		0.01124	3313.552	1699.608	7 D 25	3436	4 D 25	1963	50.54	120
	Tumpuan +	365600000	2000	400	800	737	63	0.21034	0.0006	0.00066	0.00126	0.001639	0.00164	2415.886	968.6306	5 D 25	2454	2 D 25	982	50.51	120
	Lapangan	175100000	2000	400	800	737	63	0.10074	0.00029	0.00031	0.0006	0.000784	0.00078	1155.616	463.9148	3 D 25	1473	2 D 25	982	16.85	120
B23	Tumpuan -	513400000		400	800	737	63	1.476865	0.00435	0.00461	0.00896		0.00896	2641.408	1360.216	6 D 25	2945	3 D 25	1473	50.51	120
	Tumpuan +	364400000	1500	400	800	737	63	0.279532	0.0008	0.00087	0.00168	0.002179	0.00218	2408.885	965.4515	5 D 25	2454	2 D 25	982	50.51	120
	Lapangan	53700000	1500	400	800	737	63	0.041193	0.00012	0.00013	0.00025	0.00032	0.00032	353.76	142.2743	2 D 25	982	2 D 25	982	0	120

TUGAS AKHIR

TABEL PENULANGAN LENTUR BALOK INDUK PLAT ATAP SEMENTARA

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 350 \text{ Mpa}$
 $(= 120 \text{ mm})$

Balok	Daerah	Mu (Nmm)	be (mm)	b (mm)	h (mm)	d (mm)	d' (mm)	Rn	ρ	ρ'	ρ perlu	ρ eff	ρ pakai	As Tarik (mm ²)	As Tekan (mm ²)	Tulangan Tarik		Tulangan Tekan		e (mm)	t (mm)
																Jmh	As (mm ²)	Jmh	As (mm ²)		
B2	Tumpuan Lapangan	77000000 26700000	1125	300 300	500 500	437 437	63 63	0.840014 0.077674	0.00244 0.00022	0.0028 0.00026	0.00525 0.00048	- 0.000626	0.00595 0.00075	780.045 370.1938	367.6471 127.4828	3 D 22 2 D 22	1140 760	2 D 22 2 D 22	760 760	17.39 0	120 120
B3	Tumpuan Lapangan	189800000 150800000	2000	400 400	600 600	537 537	63 63	1.028413 0.163419	0.003 0.00047	0.00333 0.00053	0.00633 0.001	- 0.001297	0.00643 0.00133	1381.164 1426.272	715.0392 568.1133	4 D 22 3 D 22	1571 1140	2 D 22 2 D 22	760 760	27.83 13.04	120 120
B6	Tumpuan Lapangan	43200000 15500000	750	300 300	400 400	337 337	63 63	0.79247 0.113734	0.0023 0.00033	0.00278 0.0004	0.00508 0.00073	- 0.000943	0.00079 0.00032	60.1723 79.869	281.5433 101.0167	2 D 22 2 D 22	760 760	2 D 22 2 D 22	760 760	0 0	120 120
B16	Tumpuan Lapangan	144900000 85100000	2000	400 400	600 600	537 537	63 63	0.785127 0.092221	0.00228 0.00026	0.00254 0.0003	0.00482 0.00056	- 0.000731	0.00482 0.00073	1035.336 785.094	545.8861 320.5998	3 D 22 3 D 22	1140 1140	2 D 22 2 D 22	760 760	13.04 13.04	120 120
B17	Tumpuan Lapangan	248100000 217200000	2000	400 400	600 600	537 537	63 63	1.344306 0.235378	0.00395 0.00068	0.00435 0.00076	0.0083 0.00144	- 0.001869	0.0083 0.0019	1782.84 2041.674	834.6745 818.264	5 D 22 6 D 22	1901 2261	3 D 22 3 D 22	1140 1140	26.11 39.15	120 120
B18	Tumpuan Lapangan	172200000 67200000	2000	400 400	600 600	537 537	63 63	0.933049 0.072823	0.00272 0.00021	0.00302 0.00024	0.00574 0.00044	- 0.000577	0.00574 0.00058	1232.952 619.698	648.7342 253.1646	4 D 22 2 D 22	1571 760	2 D 22 2 D 22	760 760	27.83 0	120 120
B19	Tumpuan Lapangan	179100000 125000000	2000	400 400	600 600	537 537	63 63	0.970436 0.19546	0.00283 0.00039	0.00314 0.00044	0.00597 0.00083	- 0.001074	0.00652 0.00083	1400.496 891.42	674.7288 470.9162	4 D 22 3 D 22	1571 1140	2 D 22 2 D 22	760 760	27.83 13.04	120 120
B20	Tumpuan Lapangan	193800000 99500000	2000	400 400	600 600	537 537	63 63	1.050087 0.107826	0.00306 0.00031	0.0034 0.00035	0.00646 0.00068	- 0.000855	0.00671 0.00068	1441.308 728.172	730.1085 374.8493	4 D 22 2 D 22	1571 760	2 D 22 2 D 22	760 760	27.83 0	120 120
B21	Tumpuan Lapangan	179200000 69700000	1500	400 400	600 600	537 537	63 63	0.970978 0.10071	0.00283 0.00029	0.00314 0.00033	0.00597 0.00061	- 0.000799	0.0061 0.0008	1310.28 646.011	675.1055 262.5829	4 D 22 2 D 22	1571 760	2 D 22 2 D 22	760 760	27.83 0	120 120
K1	Tumpuan Lapangan	92800000		300	400	337	63	1.698674	0.00503	0.00597	0.011	-	0.011	1112.1	603.4932	3 D 22	1140	2 D 22	760	17.39	120

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN BALOK ANAK PLAT ATAP
SYSTEM

L=1

JOINTS

1 X=0 Z=0
5 X=18 G=1,5,1
6 X=26
10 X=44 G=6,10,1

RESTRAINTS

1,10,1 R=0,0,1,1,1,0
1,10,1 R=1,1,1,0,0,0

FRAME

NM=2 NL=2 Z=-1
1 SH=R T=0.35,0.25
2 SH=R T=0.45,0.30
1 WG=0,0,-1929 : BEBAN BERFAKTOR
2 WG=0,0,-2477 : BEBAN BERFAKTOR
1,1,2 M=1 LP=-2,0 NSL=1 G=3,1,1,1
5,5,6 M=2 LP=-2,0 NSL=2
6,6,7 M=1 LP=-2,0 NSL=1 G=3,1,1,1



PROGRAM:SAP90/FILE:JHO-1.F3F

PERENCANAAN BALOK ANAK PLAT ATAP

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD AXIAL DIST 1-2 PLANE
ID COND FORCE ENDI SHEAR MOMENT

1	2	3	4	5
1	1	.00		
		.0	4340.25	-3255.19
		2.3	-.02	1627.59
		4.5	-4340.25	-3255.19
2	1	.00		
		.0	4340.25	-3255.19
		2.3	-.02	1627.59
		4.5	-4340.25	-3255.19
3	1	.00		
		.0	4340.25	-3255.19
		2.3	-.02	1627.59
		4.5	-4340.25	-3255.19
4	1	.00		
		.0	4340.25	-3255.19
		2.3	-.02	1627.59
		4.5	-4340.25	-3255.19
5	1	.00		
		.0	9908.00	-13210.67
		4.0	-.04	6605.33
		8.0	-9908.00	-13210.67
6	1	.00		
		.0	4340.25	-3255.19
		2.3	-.02	1627.59
		4.5	-4340.25	-3255.19
7	1	.00		
		.0	4340.25	-3255.19
		2.3	-.02	1627.59
		4.5	-4340.25	-3255.19
8	1	.00		
		.0	4340.25	-3255.19
		2.3	-.02	1627.59
		4.5	-4340.25	-3255.19
9	1	.00		
		.0	4340.25	-3255.19
		2.3	-.02	1627.59
		4.5	-4340.25	-3255.19

Handwritten notes:
- 2.3
- 4.5

PERENCANAAN BALOK ANAK LISPLANK PLAT ATAP (20/30)

SYSTEM

L=1

JOINTS

1 X=0 Z=0

5 X=18 G=1,5,1

RESTRAINTS

1,5,1 R=0,0,1,1,1,0

1,5,1 R=1,1,1,0,0,0

FRAME

NM=1 NL=2 Z=-1

1 SH=R T=0.30,0.20

1 WG=0,0,-706

2 WG=0,0,-706 PLD=2.5,-868,0

1,1,2 M=1 LP=-2,0 NSL=1 G=2,1,1,1

4,4,5 M=1 LP=-2,0 NSL=2

PROGRAM:SAP90/FILE:B7.F3F

PERENCANAAN BALOK ANAK LISPLANK PLAT ATAP (20/30)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD AXIAL DIST 1-2 PLANE

ID COND FORCE ENDI SHEAR MOMENT

ID	COND	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT
1 -----				
1	1	.00		
		.0	1588.50	-1191.38
		2.3	-.01	595.69
		4.5	-1588.50	-1191.38
2 -----				
2	1	.00		
		.0	1588.50	-1191.38
		2.3	-.01	595.69
		4.5	-1588.50	-1191.38
3 -----				
3	1	.00		
		.0	1588.50	-1191.38
		2.3	-.01	595.69
		4.5	-1588.50	-1191.38
4 -----				
4	1	.00		
		.0	1950.79	-1620.75
		2.5	-682.22	1049.97
		4.5	-2094.21	-1726.44

PERENCANAAN BALOK ANAK PLAT LANTAI 25/35 (B13)

SYSTEM

L=1

JOINTS

1 X=0 Z=0

5 X=18 G=1,5,1

RESTRAINTS

1,5,1 R=0,0,1,1,1,0

1,5,1 R=1,1,1,0,0,0

FRAME

NM=1 NL=1 Z=-1

1 SH=R T=0.35,0.25

1 WG=0,0,-1282 :SEBAN BERFAKTOR

1,1,2 M=1 LP=-2,0 NSL=1 G=3,1,1,1

PERENCANAAN BALOK ANAK PLAT LANTAI 25/35 (B13)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD AXIAL DIST 1-2 PLANE

ID COND FORCE ENDI SHEAR MOMENT

ID	COND	FORCE ENDI	SHEAR	MOMENT
1 -----				
1	.00	.0	2884.50	-2163.37
		2.3	-.01	1081.69
		4.5	-2884.50	-2163.38
2 -----				
1	.00	.0	2884.50	-2163.37
		2.3	-.01	1081.69
		4.5	-2884.50	-2163.38
3 -----				
1	.00	.0	2884.50	-2163.37
		2.3	-.01	1081.69
		4.5	-2884.50	-2163.38
4 -----				
1	.00	.0	2884.50	-2163.37
		2.3	-.01	1081.69
		4.5	-2884.50	-2163.38

PERENCANAAN BALOK ANAK PLAT LANTAI 30/40 (B8)

SYSTEM

L=1

JOINTS

1 X=0 Z=0

5 X=18 G=1,5,1

RESTRAINTS

1,5,1 R=0,0,1,1,1,0

1,5,1 R=1,1,1,0,0,0

FRAME

NM=1 NL=1 Z=-1

1 SH=R T=0.4,0.3

1 WG=0,0,-2840

1,1,2 M=1 LP=-2,0 NSL=1 G=3,1,1,1

PROGRAM:SAP90/FILE:BB.F3F

PERENCANAAN BALOK ANAK PLAT LANTAI 30/40 (B8)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT	LOAD	AXIAL DIST		1-2 PLANE	
		FORCE	ENDI	SHEAR	MOMENT
1					
1	1	.00			
			.0	6390.00	-4792.50
			2.3	-.03	2396.25
			4.5	-6390.00	-4792.50
2					
1	1	.00			
			.0	6390.00	-4792.50
			2.3	-.03	2396.25
			4.5	-6390.00	-4792.50
3					
1	1	.00			
			.0	6390.00	-4792.50
			2.3	-.03	2396.25
			4.5	-6390.00	-4792.50
4					
1	1	.00			
			.0	6390.00	-4792.50
			2.3	-.03	2396.25
			4.5	-6390.00	-4792.50

PORTAL 3D GEDUNG (A) KAMPUS III UNMUH MALANG

SYSTEM

L=4

JOINTS

C JOINTS LANTAI 1

100 X=22.5 Y=-4 Z=0
101 X=27 Y=-4 Z=0
102 X=0 Y=0 Z=0
110 X=36 Y=0 Z=0 G=102,110,1
111 X=0 Y=8
119 X=36 Y=8 Z=0 G=111,119,1
120 X=0 Y=11
128 X=36 Y=11 G=120,128,1
129 X=0 Y=19
137 X=36 Y=19 G=129,137,1
138 X=22.5 Y=23
139 X=27 Y=23

C JOINTS LANTAI 2

200 X=22.5 Y=-4 Z=5
201 X=27 Y=-4 Z=5
202 X=0 Y=0 Z=5
210 X=36 Y=0 Z=5 G=202,210,1
211 X=0 Y=8
219 X=36 G=211,219,1
220 X=0 Y=11 Z=5
228 X=36 G=220,228,1
229 X=0 Y=19 Z=5
237 X=36 G=229,237,1
238 X=22.5 Y=23
239 X=27 Y=23

C JOINTS KONSOL LANTAI 2

240 X=0 Y=-1.5 Z=5
244 X=18 Y=-1.5 G=240,244,1
245 X=31.5 Y=-1.5
246 X=36 Y=-1.5
247 X=0 Y=20.5
251 X=18 G=247,251,1
252 X=31.5 Y=20.5
253 X=36 Y=20.5

C JOINTS LANTAI 3

300 X=22.5 Y=-4 Z=9
301 X=27 Y=-4 Z=9
302 X=0 Y=0 Z=9
310 X=36 Y=0 Z=9 G=302,310,1
311 X=0 Y=8
319 X=36 G=311,319,1
320 X=0 Y=11 Z=9
328 X=36 G=320,328,1
329 X=0 Y=19 Z=9
337 X=36 G=329,337,1
338 X=22.5 Y=23
339 X=27 Y=23

C JOINTS KONSOL LANTAI 3

340 X=0 Y=-1.5 Z=9
344 X=18 Y=-1.5 G=340,344,1
345 X=31.5 Y=-1.5
346 X=36 Y=-1.5
347 X=0 Y=20.5

351 X=18 G=347,351,1
 352 X=31.5 Y=20.5
 353 X=36 Y=20.5
 C JOINTS LANTAI 4
 400 X=22.5 Y=-4 Z=13
 401 X=27 Y=-4 Z=13
 402 X=0 Y=0 Z=13
 410 X=36 Y=0 Z=13 G=402,410,1
 411 X=0 Y=8
 419 X=36 G=411,419,1
 420 X=0 Y=11 Z=13
 428 X=36 G=420,428,1
 429 X=0 Y=19 Z=13
 437 X=36 G=429,437,1
 438 X=22.5 Y=23
 439 X=27 Y=23
 C JOINTS KONSOL LANTAI 4
 440 X=0 Y=-1.5 Z=13
 444 X=18 Y=-1.5 G=440,444,1
 445 X=31.5 Y=-1.5
 446 X=36 Y=-1.5
 447 X=0 Y=20.5
 451 X=18 G=447,451,1
 452 X=31.5 Y=20.5
 453 X=36 Y=20.5
 C JOINTS LANTAI 5
 500 X=22.5 Y=-4 Z=17
 501 X=27 Y=-4 Z=17
 502 X=0 Y=0 Z=17
 510 X=36 Y=0 Z=17 G=502,510,1
 511 X=0 Y=8
 519 X=36 G=511,519,1
 520 X=0 Y=11 Z=17
 528 X=36 G=520,528,1
 529 X=0 Y=19 Z=17
 537 X=36 G=529,537,1
 538 X=22.5 Y=23
 539 X=27 Y=23
 C JOINTS KONSOL LANTAI 5
 540 X=0 Y=-1.5 Z=17
 544 X=18 Y=-1.5 G=540,544,1
 545 X=31.5 Y=-1.5
 546 X=36 Y=-1.5
 547 X=0 Y=20.5
 551 X=18 G=547,551,1
 552 X=31.5 Y=20.5
 553 X=36 Y=20.5
 C JOINTS LANTAI 6
 600 X=22.5 Y=-4 Z=21
 601 X=27 Y=-4 Z=21
 602 X=0 Y=0 Z=21
 610 X=36 Y=0 Z=21 G=602,610,1
 611 X=0 Y=8
 619 X=36 G=611,619,1
 620 X=0 Y=11 Z=21
 628 X=36 G=620,628,1
 629 X=0 Y=19 Z=21
 637 X=36 G=629,637,1
 638 X=22.5 Y=23

639 X=27 Y=23
 C JOINTS KONSOL LANTAI 6
 640 X=0 Y=-1.5 Z=21
 644 X=18 Y=-1.5 G=640,644,1
 645 X=31.5 Y=-1.5
 646 X=36 Y=-1.5
 647 X=0 Y=20.5
 651 X=18 G=647,651,1
 652 X=31.5 Y=20.5
 653 X=36 Y=20.5
 C JOINTS PLAT ATAP
 700 X=22.5 Y=-4 Z=25
 701 X=27 Y=-4 Z=25
 702 X=0 Y=0 Z=25
 710 X=36 Y=0 Z=25 G=702,710,1
 711 X=0 Y=8
 719 X=36 G=711,719,1
 720 X=0 Y=11 Z=25
 728 X=36 G=720,728,1
 729 X=0 Y=19 Z=25
 737 X=36 G=729,737,1
 738 X=22.5 Y=23
 739 X=27 Y=23
 C JOINTS KONSOL PLAT ATAP
 740 X=0 Y=-2 Z=25
 744 X=18 Y=-2 G=740,744,1
 745 X=31.5 Y=-2
 746 X=36 Y=-2
 747 X=0 Y=21
 751 X=18 G=747,751,1
 752 X=31.5 Y=21
 753 X=36 Y=21
 754 X=20.5 Y=-4
 755 X=22.5 Y=-6
 756 X=27 Y=-6
 757 X=29 Y=-4
 758 X=20.5 Y=23
 759 X=22.5 Y=25
 760 X=27 Y=25
 761 X=29 Y=23

RESTRAINTS

100,139,1 R=1,1,1,1,1,1

FRAME

NM=18 NL=34 Z=-1

1 SH=R T=0.6,0.6 E=2.1E6 W=2.4*0.6*0.6 : KOLOM

C BALOK PLAT ATAP

2 SH=R T=0.5,0.3 E=2.1E6

3 SH=R T=0.4,0.3 E=2.1E6

4 SH=R T=0.4,0.3 E=2.1E6

5 SH=R T=0.5,0.3 E=2.1E6

6 SH=R T=0.6,0.4 E=2.1E6

C BALOK PLAT LANTAI

7 SH=R T=0.5,0.3 E=2.1E6

8 SH=R T=0.8,0.4 E=2.1E6

9 SH=R T=0.4,0.3 E=2.1E6

10 SH=R T=0.4,0.3 E=2.1E6

11 SH=R T=0.8,0.4 E=2.1E6

12 SH=R T=0.8,0.4 E=2.1E6
 13 SH=R T=0.8,0.4 E=2.1E6
 14 SH=R T=0.8,0.4 E=2.1E6
 15 SH=R T=0.8,0.4 E=2.1E6
 16 SH=R T=0.5,0.3 E=2.1E6
 17 SH=R T=0.5,0.3 E=2.1E6
 18 SH=R T=0.6,0.4 E=2.1E6
 C BEBAN MATI BALOK PLAT ATAP
 1 WG=0,0,-1.514
 2 WG=0,0,-1.258
 3 WG=0,0,-0.970
 4 WG=0,0,-0.629 PLD=2,-3.097,0
 5 WG=0,0,-1.695
 C BEBAN MATI BALOK LANTAI
 6 WG=0,0,-2.127
 7 WG=0,0,-2.070 PLD=4,-6.228,0
 8 WG=0,0,-1.032
 9 WG=0,0,-4.473
 10 WG=0,0,-1.320 PLD=4,-6.228,0
 11 WG=0,0,-1.890 PLD=4,-3.114,0
 12 WG=0,0,-2.307 PLD=4,-3.632,0
 13 WG=0,0,-2.307 PLD=4,-6.525,0
 14 WG=0,0,-2.741
 15 WG=0,0,-1.394 PLD=1.5,-1.541,0
 C BEBAN HIDUP BALOK PLAT ATAP
 16 WG=0,0,-0.275
 17 WG=0,0,-0.200
 18 WG=0,0,-0.200
 19 WG=0,0,-0.100 PLD=2,-0.423,0
 20 WG=0,0,-0.329
 C BEBAN HIDUP BALOK LANTAI
 21 WG=0,0,-0.751
 22 WG=0,0,-0.500 PLD=4,-3.317,0
 23 WG=0,0,-0.600
 24 WG=0,0,-0.683
 25 WG=0,0,-0.500 PLD=4,-3.317,0
 26 WG=0,0,-0.250 PLD=4,-1.659,0
 27 WG=0,0,-0.683 PLD=4,-1.932,0
 28 WG=0,0,-0.500 PLD=4,-3.925,0
 29 WG=0,0,-0.751
 30 WG=0,0,-0.511 PLD=1.5,-0.828,0
 31 WG=0,0,-0.567 PLD=1.5,-3.506,0
 32 WG=0,0,-0.225 PLD=1.5,-0.423,0
 33 WG=0,0,-0.917 PLD=4,-2.734,0
 34 WG=0,0,-0.100 PLD=4,-0.664,0
 C KOLOM LANTAI 2
 100,100,200 M=1 LP=-2,0 G=1,1,1,1
 102,102,202 M=1 LP=-2,0 G=8,1,1,1
 111,111,211 M=1 LP=-2,0 G=8,1,1,1
 120,120,220 M=1 LP=-2,0 G=8,1,1,1
 129,129,229 M=1 LP=-2,0 G=8,1,1,1
 138,138,238 M=1 LP=-2,0 G=1,1,1,1
 C BALOK ARAH X (MEMANJANG) (LANTAI 2)
 200,200,201 M=7 LP=-2,0 NSL=6,21,0
 201,202,203 M=16 LP=-2,0 NSL=14,29,0
 202,203,204 M=7 LP=-2,0 NSL=6,21,0 G=6,1,1,1
 209,211,212 M=16 LP=-2,0 NSL=14,29,0
 210,212,213 M=7 LP=-2,0 NSL=6,21,0 G=6,1,1,1
 217,220,221 M=16 LP=-2,0 NSL=14,29,0

218,221,222	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
225,229,230	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
226,230,231	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
233,238,239	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	
C BALOK ARAH Y (MELINTANG) (LANTAI 2)				
234,207,200	M=17	LP=-3,0	NSL=15,30,0	G=1,1,1,1
236,202,211	M=14	LP=3,0	NSL=12,27,0	
237,203,212	M=15	LP=3,0	NSL=13,28,0	
238,204,213	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	G=1,2,2,2
239,205,214	M=8	LP=3,0	NSL=7,22,0	
241,207,216	M=13	LP=3,0	NSL=11,26,0	G=1,1,1,1
243,209,218	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	
244,210,219	M=13	LP=3,0	NSL=11,26,0	
245,211,220	M=9	LP=3,0	NSL=8,23,0	G=8,1,1,1
254,220,229	M=14	LP=3,0	NSL=12,27,0	
255,221,230	M=15	LP=3,0	NSL=13,28,0	
256,222,231	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	G=1,2,2,2
257,223,232	M=8	LP=3,0	NSL=7,22,0	
259,225,234	M=13	LP=3,0	NSL=11,26,0	G=1,1,1,1
261,227,236	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	
262,228,237	M=13	LP=3,0	NSL=11,26,0	
263,234,238	M=17	LP=3,0	NSL=15,30,0	G=1,1,1,1
C KONSOL LANTAI 2				
265,202,240	M=10	LP=-3,0	NSL=31,32,0	G=4,1,1,1
270,209,245	M=10	LP=-3,0	NSL=31,32,0	G=1,1,1,1
272,229,247	M=10	LP=3,0	NSL=31,32,0	G=4,1,1,1
277,236,252	M=10	LP=3,0	NSL=31,32,0	G=1,1,1,1
C KOLOM LANTAI 3				
300,200,300	M=1	LP=-2,0		G=1,1,1,1
302,202,302	M=1	LP=-2,0		G=8,1,1,1
311,211,311	M=1	LP=-2,0		G=8,1,1,1
320,220,320	M=1	LP=-2,0		G=8,1,1,1
329,229,329	M=1	LP=-2,0		G=8,1,1,1
338,238,338	M=1	LP=-2,0		G=1,1,1,1
C BALOK ARAH X (MEMANJANG) (LANTAI 3)				
400,300,301	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	
401,302,303	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
402,303,304	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
409,311,312	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
410,312,313	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
417,320,321	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
418,321,322	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
425,329,330	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
426,330,331	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
433,338,339	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	
C BALOK ARAH Y (MELINTANG) (LANTAI 3)				
434,307,300	M=17	LP=-3,0	NSL=15,30,0	G=1,1,1,1
436,302,311	M=14	LP=3,0	NSL=12,27,0	
437,303,312	M=15	LP=3,0	NSL=13,28,0	
438,304,313	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	G=1,2,2,2
439,305,314	M=8	LP=3,0	NSL=7,22,0	
441,307,316	M=13	LP=3,0	NSL=11,26,0	G=1,1,1,1
443,309,318	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	
444,310,319	M=13	LP=3,0	NSL=11,26,0	
445,311,320	M=9	LP=3,0	NSL=8,23,0	G=8,1,1,1
454,320,329	M=14	LP=3,0	NSL=12,27,0	
455,321,330	M=15	LP=3,0	NSL=13,28,0	
456,322,331	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	G=1,2,2,2
457,323,332	M=8	LP=3,0	NSL=7,22,0	

459,325,334	M=13 LP=3,0	NSL=11,26,0	G=1,1,1,1
461,327,336	M=12 LP=3,0	NSL=10,25,0	
462,328,337	M=13 LP=3,0	NSL=11,26,0	
463,334,338	M=17 LP=3,0	NSL=15,30,0	G=1,1,1,1
C KONSOL LANTAI 3			
465,302,340	M=10 LP=-3,0	NSL=31,32,0	G=4,1,1,1
470,309,345	M=10 LP=-3,0	NSL=31,32,0	G=1,1,1,1
472,329,347	M=10 LP=3,0	NSL=31,32,0	G=4,1,1,1
477,336,352	M=10 LP=3,0	NSL=31,32,0	G=1,1,1,1
C KOLOM LANTAI 4			
500,300,400	M=1 LP=-2,0	G=1,1,1,1	
502,302,402	M=1 LP=-2,0	G=8,1,1,1	
511,311,411	M=1 LP=-2,0	G=8,1,1,1	
520,320,420	M=1 LP=-2,0	G=8,1,1,1	
529,329,429	M=1 LP=-2,0	G=8,1,1,1	
538,338,438	M=1 LP=-2,0	G=1,1,1,1	
C BALOK ARAH X (MEMANJANG) (LANTAI 4)			
600,400,401	M=7 LP=-2,0	NSL=6,21,0	
601,402,403	M=16 LP=-2,0	NSL=14,29,0	
602,403,404	M=7 LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
609,411,412	M=16 LP=-2,0	NSL=14,29,0	
610,412,413	M=7 LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
617,420,421	M=16 LP=-2,0	NSL=14,29,0	
618,421,422	M=7 LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
625,429,430	M=16 LP=-2,0	NSL=14,29,0	
626,430,431	M=7 LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
633,438,439	M=7 LP=-2,0	NSL=6,21,0	
C BALOK ARAH Y (MELINTANG) (LANTAI 4)			
634,407,400	M=17 LP=-3,0	NSL=15,30,0	G=1,1,1,1
636,402,411	M=14 LP=3,0	NSL=12,27,0	
637,403,412	M=15 LP=3,0	NSL=13,28,0	
638,404,413	M=12 LP=3,0	NSL=10,25,0	G=1,2,2,2
639,405,414	M=8 LP=3,0	NSL=7,22,0	
641,407,416	M=13 LP=3,0	NSL=11,26,0	G=1,1,1,1
643,409,418	M=12 LP=3,0	NSL=10,25,0	
644,410,419	M=13 LP=3,0	NSL=11,26,0	
645,411,420	M=9 LP=3,0	NSL=8,23,0	G=8,1,1,1
654,420,429	M=14 LP=3,0	NSL=12,27,0	
655,421,430	M=15 LP=3,0	NSL=13,28,0	
656,422,431	M=12 LP=3,0	NSL=10,25,0	G=1,2,2,2
657,423,432	M=8 LP=3,0	NSL=7,22,0	
659,425,434	M=13 LP=3,0	NSL=11,26,0	G=1,1,1,1
661,427,436	M=12 LP=3,0	NSL=10,25,0	
662,428,437	M=13 LP=3,0	NSL=11,26,0	
663,434,438	M=17 LP=3,0	NSL=15,30,0	G=1,1,1,1
C KONSOL LANTAI 4			
665,402,440	M=10 LP=-3,0	NSL=31,32,0	G=4,1,1,1
670,409,445	M=10 LP=-3,0	NSL=31,32,0	G=1,1,1,1
672,429,447	M=10 LP=3,0	NSL=31,32,0	G=4,1,1,1
677,436,452	M=10 LP=3,0	NSL=31,32,0	G=1,1,1,1
C KOLOM LANTAI 5			
700,400,500	M=1 LP=-2,0	G=1,1,1,1	
702,402,502	M=1 LP=-2,0	G=8,1,1,1	
711,411,511	M=1 LP=-2,0	G=8,1,1,1	
720,420,520	M=1 LP=-2,0	G=8,1,1,1	
729,429,529	M=1 LP=-2,0	G=8,1,1,1	
738,438,538	M=1 LP=-2,0	G=1,1,1,1	
C BALOK ARAH X (MEMANJANG) (LANTAI 5)			
800,500,501	M=7 LP=-2,0	NSL=6,21,0	

801,502,503	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
802,503,504	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
809,511,512	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
810,512,513	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
817,520,521	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
818,521,522	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
825,529,530	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
826,530,531	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
833,538,539	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	
C BALOK ARAH Y (MELINTANG) (LANTAI 5)				
834,507,500	M=17	LP=-3,0	NSL=15,30,0	G=1,1,1,1
836,502,511	M=14	LP=3,0	NSL=12,27,0	
837,503,512	M=15	LP=3,0	NSL=13,28,0	
838,504,513	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	G=1,2,2,2
839,505,514	M=8	LP=3,0	NSL=7,22,0	
841,507,516	M=13	LP=3,0	NSL=11,26,0	G=1,1,1,1
843,509,518	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	
844,510,519	M=13	LP=3,0	NSL=11,26,0	
845,511,520	M=9	LP=3,0	NSL=8,23,0	G=8,1,1,1
854,520,529	M=14	LP=3,0	NSL=12,27,0	
855,521,530	M=15	LP=3,0	NSL=13,28,0	
856,522,531	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	G=1,2,2,2
857,523,532	M=8	LP=3,0	NSL=7,22,0	
859,525,534	M=13	LP=3,0	NSL=11,26,0	G=1,1,1,1
861,527,536	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	
862,528,537	M=13	LP=3,0	NSL=11,26,0	
863,534,538	M=17	LP=3,0	NSL=15,30,0	G=1,1,1,1
C KONSOL LANTAI 5				
865,502,540	M=10	LP=-3,0	NSL=31,32,0	G=4,1,1,1
870,509,545	M=10	LP=-3,0	NSL=31,32,0	G=1,1,1,1
872,529,547	M=10	LP=3,0	NSL=31,32,0	G=4,1,1,1
877,536,552	M=10	LP=3,0	NSL=31,32,0	G=1,1,1,1
C KOLOM LANTAI 6				
900,500,600	M=1	LP=-2,0	G=1,1,1,1	
902,502,602	M=1	LP=-2,0	G=8,1,1,1	
911,511,611	M=1	LP=-2,0	G=8,1,1,1	
920,520,620	M=1	LP=-2,0	G=8,1,1,1	
929,529,629	M=1	LP=-2,0	G=8,1,1,1	
938,538,638	M=1	LP=-2,0	G=1,1,1,1	
C BALOK ARAH X (MEMANJANG) (LANTAI 6)				
1000,600,601	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	
1001,602,603	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
1002,603,604	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
1009,611,612	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
1010,612,613	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
1017,620,621	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
1018,621,622	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
1025,629,630	M=16	LP=-2,0	NSL=14,29,0	
1026,630,631	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	G=6,1,1,1
1033,638,639	M=7	LP=-2,0	NSL=6,21,0	
C BALOK ARAH Y (MELINTANG) (LANTAI 6)				
1034,607,600	M=17	LP=-3,0	NSL=15,30,0	G=1,1,1,1
1036,602,611	M=14	LP=3,0	NSL=12,27,0	
1037,603,612	M=15	LP=3,0	NSL=13,28,0	
1038,604,613	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	G=1,2,2,2
1039,605,614	M=8	LP=3,0	NSL=7,22,0	
1041,607,616	M=13	LP=3,0	NSL=11,26,0	G=1,1,1,1
1043,609,618	M=12	LP=3,0	NSL=10,25,0	
1044,610,619	M=13	LP=3,0	NSL=11,26,0	

1045,611,620	M=9 LP=3,0	NSL=8,23,0	G=8,1,1,1
1054,620,629	M=14 LP=3,0	NSL=12,27,0	
1055,621,630	M=15 LP=3,0	NSL=13,28,0	
1056,622,631	M=12 LP=3,0	NSL=10,25,0	G=1,2,2,2
1057,623,632	M=8 LP=3,0	NSL=7,22,0	
1059,625,634	M=13 LP=3,0	NSL=11,26,0	G=1,1,1,1
1061,627,636	M=12 LP=3,0	NSL=10,25,0	
1062,628,637	M=13 LP=3,0	NSL=11,26,0	
1063,634,638	M=17 LP=3,0	NSL=15,30,0	G=1,1,1,1

C KONSOL LANTAI 6

1065,602,640	M=10 LP=-3,0	NSL=31,32,0	G=4,1,1,1
1070,609,645	M=10 LP=-3,0	NSL=31,32,0	G=1,1,1,1
1072,629,647	M=10 LP=3,0	NSL=31,32,0	G=4,1,1,1
1077,636,652	M=10 LP=3,0	NSL=31,32,0	G=1,1,1,1

C KOLOM PLAT ATAP

1100,600,700	M=1 LP=-2,0	G=1,1,1,1
1102,602,702	M=1 LP=-2,0	G=8,1,1,1
1111,611,711	M=1 LP=-2,0	G=8,1,1,1
1120,620,720	M=1 LP=-2,0	G=8,1,1,1
1129,629,729	M=1 LP=-2,0	G=8,1,1,1
1138,638,738	M=1 LP=-2,0	G=1,1,1,1

C BALOK ARAH X (MEMANJANG) (PLAT ATAP)

1200,700,701	M=2 LP=-2,0	NSL=1,16,0	
1201,702,703	M=2 LP=-2,0	NSL=1,16,0	G=7,1,1,1
1209,711,712	M=2 LP=-2,0	NSL=1,16,0	G=7,1,1,1
1217,720,721	M=2 LP=-2,0	NSL=1,16,0	G=7,1,1,1
1225,729,730	M=2 LP=-2,0	NSL=1,16,0	G=7,1,1,1
1233,738,739	M=2 LP=-2,0	NSL=1,16,0	

C BALOK ARAH Y (MELINTANG) (PLAT ATAP)

1234,707,700	M=5 LP=-3,0	NSL=5,20,0	G=1,1,1,1
1236,702,711	M=18 LP=3,0	NSL=33,34,0	
1237,703,712	M=6 LP=3,0	NSL=2,17,0	G=6,1,1,1
1244,710,719	M=18 LP=3,0	NSL=33,34,0	
1245,711,720	M=3 LP=3,0	NSL=3,18,0	G=8,1,1,1
1254,720,729	M=18 LP=3,0	NSL=33,34,0	
1255,721,730	M=6 LP=3,0	NSL=2,17,0	G=6,1,1,1
1262,728,737	M=18 LP=3,0	NSL=33,34,0	
1263,734,738	M=5 LP=-3,0	NSL=5,20,0	G=1,1,1,1

C KONSOL PLAT ATAP

1265,702,740	M=4 LP=-3,0	NSL=4,19,0	G=4,1,1,1
1270,709,745	M=4 LP=-3,0	NSL=4,19,0	G=1,1,1,1
1272,729,747	M=4 LP=3,0	NSL=4,19,0	G=4,1,1,1
1277,736,752	M=4 LP=3,0	NSL=4,19,0	G=1,1,1,1
1279,700,754	M=4 LP=2,0	NSL=4,19,0	
1280,700,755	M=4 LP=-3,0	NSL=4,19,0	
1281,701,756	M=4 LP=-3,0	NSL=4,19,0	
1282,701,757	M=4 LP=-2,0	NSL=4,19,0	
1283,738,758	M=4 LP=2,0	NSL=4,19,0	
1284,738,759	M=4 LP=3,0	NSL=4,19,0	
1285,739,760	M=4 LP=3,0	NSL=4,19,0	
1286,739,761	M=4 LP=-2,0	NSL=4,19,0	

LOADS

C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 2 (F1)

202	L=3	F=0,2.664,0
203	L=3	F=0,3.855,0
204	L=3	F=0,2.634,0
205	L=3	F=0,3.393,0
206	L=3	F=0,2.634,0
200	L=3	F=0,3.585,0

201 L=3 F=0,3.585,0
 209 L=3 F=0,2.634,0
 210 L=3 F=0,1.997,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 3 (F2)
 302 L=3 F=0,4.796,0
 303 L=3 F=0,6.939,0
 304 L=3 F=0,4.742,0
 305 L=3 F=0,6.107,0
 306 L=3 F=0,4.742,0
 300 L=3 F=0,6.454,0
 301 L=3 F=0,6.454,0
 309 L=3 F=0,4.742,0
 310 L=3 F=0,3.595,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 4 (F3)
 402 L=3 F=0,6.927,0
 403 L=3 F=0,10.023,0
 404 L=3 F=0,6.849,0
 405 L=3 F=0,8.821,0
 406 L=3 F=0,6.849,0
 400 L=3 F=0,9.322,0
 401 L=3 F=0,9.322,0
 409 L=3 F=0,6.849,0
 410 L=3 F=0,5.193,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 5 (F4)
 502 L=3 F=0,9.059,0
 503 L=3 F=0,13.107,0
 504 L=3 F=0,8.957,0
 505 L=3 F=0,11.536,0
 506 L=3 F=0,8.957,0
 500 L=3 F=0,12.191,0
 501 L=3 F=0,12.191,0
 509 L=3 F=0,8.957,0
 510 L=3 F=0,6.791,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 6 (F5)
 602 L=3 F=0,11.190,0
 603 L=3 F=0,16.191,0
 604 L=3 F=0,11.064,0
 605 L=3 F=0,14.250,0
 606 L=3 F=0,11.064,0
 600 L=3 F=0,15.059,0
 601 L=3 F=0,15.059,0
 609 L=3 F=0,11.064,0
 610 L=3 F=0,8.389,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) ATAP (F6)
 702 L=3 F=0,7.368,0
 703 L=3 F=0,11.945,0
 704 L=3 F=0,9.907,0
 705 L=3 F=0,11.826,0
 706 L=3 F=0,9.907,0
 700 L=3 F=0,14.532,0
 701 L=3 F=0,14.532,0
 709 L=3 F=0,9.907,0
 710 L=3 F=0,7.207,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 2 (F1)
 238 L=3 F=0.371*0.3,0,0
 229 L=3 F=6.754*0.3,0,0
 220 L=3 F=6.205*0.3,0,0
 211 L=3 F=6.205*0.3,0,0
 202 L=3 F=6.754*0.3,0,0

200 L=3 F=0.371*0.3,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 3 (F2)
 338 L=3 F=0.667*0.3,0,0
 329 L=3 F=12.156*0.3,0,0
 320 L=3 F=11.168*0.3,0,0
 311 L=3 F=11.168*0.3,0,0
 302 L=3 F=12.156*0.3,0,0
 300 L=3 F=0.667*0.3,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 4 (F3)
 438 L=3 F=0.964*0.3,0,0
 429 L=3 F=17.559*0.3,0,0
 420 L=3 F=16.132*0.3,0,0
 411 L=3 F=16.132*0.3,0,0
 402 L=3 F=17.559*0.3,0,0
 400 L=3 F=0.964*0.3,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 5 (F4)
 538 L=3 F=1.260*0.3,0,0
 529 L=3 F=22.961*0.3,0,0
 520 L=3 F=21.096*0.3,0,0
 511 L=3 F=21.096*0.3,0,0
 502 L=3 F=22.961*0.3,0,0
 500 L=3 F=1.260*0.3,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 6 (F5)
 638 L=3 F=1.556*0.3,0,0
 629 L=3 F=28.364*0.3,0,0
 620 L=3 F=26.059*0.3,0,0
 611 L=3 F=26.059*0.3,0,0
 602 L=3 F=28.364*0.3,0,0
 600 L=3 F=1.556*0.3,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) ATAP (F6)
 738 L=3 F=3.110*0.3,0,0
 729 L=3 F=21.813*0.3,0,0
 720 L=3 F=21.246*0.3,0,0
 711 L=3 F=21.246*0.3,0,0
 702 L=3 F=21.813*0.3,0,0
 700 L=3 F=3.110*0.3,0,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 2 (F1)
 202 L=4 F=0,2.664*0.3,0
 203 L=4 F=0,3.855*0.3,0
 204 L=4 F=0,2.634*0.3,0
 205 L=4 F=0,3.393*0.3,0
 206 L=4 F=0,2.634*0.3,0
 200 L=4 F=0,3.585*0.3,0
 201 L=4 F=0,3.585*0.3,0
 209 L=4 F=0,2.634*0.3,0
 210 L=4 F=0,1.997*0.3,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 3 (F2)
 302 L=4 F=0,4.796*0.3,0
 303 L=4 F=0,6.939*0.3,0
 304 L=4 F=0,4.742*0.3,0
 305 L=4 F=0,6.107*0.3,0
 306 L=4 F=0,4.742*0.3,0
 300 L=4 F=0,6.454*0.3,0
 301 L=4 F=0,6.454*0.3,0
 309 L=4 F=0,4.742*0.3,0
 310 L=4 F=0,3.595*0.3,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 4 (F3)
 402 L=4 F=0,6.927*0.3,0
 403 L=4 F=0,10.023*0.3,0

404 L=4 F=0,6.849*0.3,0
 405 L=4 F=0,8.821*0.3,0
 406 L=4 F=0,6.849*0.3,0
 400 L=4 F=0,9.322*0.3,0
 401 L=4 F=0,9.322*0.3,0
 409 L=4 F=0,6.849*0.3,0
 410 L=4 F=0,5.193*0.3,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 5 (F4)
 502 L=4 F=0,9.059*0.3,0
 503 L=4 F=0,13.107*0.3,0
 504 L=4 F=0,8.957*0.3,0
 505 L=4 F=0,11.536*0.3,0
 506 L=4 F=0,8.957*0.3,0
 500 L=4 F=0,12.191*0.3,0
 501 L=4 F=0,12.191*0.3,0
 509 L=4 F=0,8.957*0.3,0
 510 L=4 F=0,6.791*0.3,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 6 (F5)
 602 L=4 F=0,11.190*0.3,0
 603 L=4 F=0,16.191*0.3,0
 604 L=4 F=0,11.064*0.3,0
 605 L=4 F=0,14.250*0.3,0
 606 L=4 F=0,11.064*0.3,0
 600 L=4 F=0,15.059*0.3,0
 601 L=4 F=0,15.059*0.3,0
 609 L=4 F=0,11.064*0.3,0
 610 L=4 F=0,8.389*0.3,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) ATAP (F6)
 702 L=4 F=0,7.368*0.3,0
 703 L=4 F=0,11.945*0.3,0
 704 L=4 F=0,9.907*0.3,0
 705 L=4 F=0,11.826*0.3,0
 706 L=4 F=0,9.907*0.3,0
 700 L=4 F=0,14.532*0.3,0
 701 L=4 F=0,14.532*0.3,0
 709 L=4 F=0,9.907*0.3,0
 710 L=4 F=0,7.207*0.3,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 2 (F1)
 238 L=4 F=0.371,0,0
 229 L=4 F=6.754,0,0
 220 L=4 F=6.205,0,0
 211 L=4 F=6.205,0,0
 202 L=4 F=6.754,0,0
 200 L=4 F=0.371,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 3 (F2)
 338 L=4 F=0.667,0,0
 329 L=4 F=12.156,0,0
 320 L=4 F=11.168,0,0
 311 L=4 F=11.168,0,0
 302 L=4 F=12.156,0,0
 300 L=4 F=0.667,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 4 (F3)
 438 L=4 F=0.964,0,0
 429 L=4 F=17.559,0,0
 420 L=4 F=16.132,0,0
 411 L=4 F=16.132,0,0
 402 L=4 F=17.559,0,0
 400 L=4 F=0.964,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 5 (F4)

538 L=4 F=1.260,0,0
 529 L=4 F=22.961,0,0
 520 L=4 F=21.096,0,0
 511 L=4 F=21.096,0,0
 502 L=4 F=22.961,0,0
 500 L=4 F=1.260,0,0

C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 6 (F5)

638 L=4 F=1.556,0,0
 629 L=4 F=28.364,0,0
 620 L=4 F=26.059,0,0
 611 L=4 F=26.059,0,0
 602 L=4 F=28.364,0,0
 600 L=4 F=1.556,0,0

C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) ATAP (F6)

738 L=4 F=3.110,0,0
 729 L=4 F=21.813,0,0
 720 L=4 F=21.246,0,0
 711 L=4 F=21.246,0,0
 702 L=4 F=21.813,0,0
 700 L=4 F=3.110,0,0

COMBO

1 C=1,1,0,0
 2 C=1,1,1,0
 3 C=1.2,1.6,0,0
 4 C=1.05,0.945,1.05,0 : 1.05(D+0.9L+E) 100% ARAH Y & 30% ARAH X
 5 C=1.05,0.945,-1.05,0 : 1.05(D+0.9L-E) 100% ARAH Y & 30% ARAH X
 6 C=1.05,0.945,0,1.05 : 1.05(D+0.9L+E) 100% ARAH X & 30% ARAH Y
 7 C=1.05,0.945,0,-1.05 : 1.05(D+0.9L-E) 100% ARAH X & 30% ARAH Y
 8 C=1.05,1.05,1.3*1.05,0 : 1.05(D+L+ ω_0 *E) 100% ARAH Y & 30% ARAH X
 9 C=1.05,1.05,-1.3*1.05,0 : 1.05(D+L- ω_d *E) 100% ARAH Y & 30% ARAH X

PORTAL 3D GEDUNG (B) KAMPUS III UNMUH MALANG

SYSTEM

L=4

JOINTS

C JOINTS LANTAI 1

100	X=18	Y=-6	Z=0	
101	X=26	Y=-6	Z=0	
102	X=0	Y=0	Z=0	
106	X=18	Y=0	Z=0	G=102,106,1
107	X=26			
111	X=44			G=107,111,1
112	X=0	Y=8	Z=0	
116	X=18			G=112,116,1
117	X=26			
121	X=44			G=117,121,1
122	X=0	Y=11	Z=0	
126	X=18			G=122,126,1
127	X=26			
131	X=44			G=127,131,1
132	X=0	Y=19	Z=0	
136	X=18			G=132,136,1
137	X=26			
141	X=44			G=137,141,1
142	X=18	Y=25	Z=0	
143	X=26			

C JOINTS LANTAI 2

200	X=18	Y=-6	Z=5	
201	X=26	Y=-6	Z=5	
202	X=0	Y=0	Z=5	
206	X=18	Y=0	Z=5	G=202,206,1
207	X=26			
211	X=44			G=207,211,1
212	X=0	Y=8	Z=5	
216	X=18			G=212,216,1
217	X=26			
221	X=44			G=217,221,1
222	X=0	Y=11	Z=5	
226	X=18			G=222,226,1
227	X=26			
231	X=44			G=227,231,1
232	X=0	Y=19	Z=5	
236	X=18			G=232,236,1
237	X=26			
241	X=44			G=237,241,1
242	X=18	Y=25	Z=5	
243	X=26			

C JOINTS KONSOL LANTAI 2

244	X=0	Y=-1.5	Z=5	
247	X=13.5			G=244,247,1
248	X=30.5			
251	X=44			G=248,251,1
252	X=0	Y=20.5	Z=5	
255	X=13.5			G=252,255,1
256	X=30.5			
259	X=44			G=256,259,1

C JOINTS LANTAI 3

300	X=18	Y=-6	Z=9	
301	X=26	Y=-6	Z=9	

302 X=0 Y=0 Z=9
 306 X=18 Y=0 Z=9 G=302,306,1
 307 X=26
 311 X=44 G=307,311,1
 312 X=0 Y=8 Z=9
 316 X=18 G=312,316,1
 317 X=26
 321 X=44 G=317,321,1
 322 X=0 Y=11 Z=9
 326 X=18 G=322,326,1
 327 X=26
 331 X=44 G=327,331,1
 332 X=0 Y=19 Z=9
 336 X=18 G=332,336,1
 337 X=26
 341 X=44 G=337,341,1
 342 X=18 Y=25 Z=9
 343 X=26
 C JOINTS KONSOL LANTAI 3
 344 X=0 Y=-1.5 Z=9
 347 X=13.5 G=344,347,1
 348 X=30.5
 351 X=44 G=348,351,1
 352 X=0 Y=20.5 Z=9
 355 X=13.5 G=352,355,1
 356 X=30.5
 359 X=44 G=356,359,1
 C JOINTS LANTAI 4
 400 X=18 Y=-6 Z=13
 401 X=26 Y=-6 Z=13
 402 X=0 Y=0 Z=13
 406 X=18 Y=0 Z=13 G=402,406,1
 407 X=26
 411 X=44 G=407,411,1
 412 X=0 Y=8 Z=13
 416 X=18 G=412,416,1
 417 X=26
 421 X=44 G=417,421,1
 422 X=0 Y=11 Z=13
 426 X=18 G=422,426,1
 427 X=26
 431 X=44 G=427,431,1
 432 X=0 Y=19 Z=13
 436 X=18 G=432,436,1
 437 X=26
 441 X=44 G=437,441,1
 442 X=18 Y=25 Z=13
 443 X=26
 C JOINTS KONSOL LANTAI 4
 444 X=0 Y=-1.5 Z=13
 447 X=13.5 G=444,447,1
 448 X=30.5
 451 X=44 G=448,451,1
 452 X=0 Y=20.5 Z=13
 455 X=13.5 G=452,455,1
 456 X=30.5
 459 X=44 G=456,459,1
 C JOINTS LANTAI 5
 500 X=18 Y=-6 Z=17

501 X=26 Y=-6 Z=17
 502 X=0 Y=0 Z=17
 506 X=18 Y=0 Z=17 G=502,506,1
 507 X=26
 511 X=44 G=507,511,1
 512 X=0 Y=8 Z=17
 516 X=18 G=512,516,1
 517 X=26
 521 X=44 G=517,521,1
 522 X=0 Y=11 Z=17
 526 X=18 G=522,526,1
 527 X=26
 531 X=44 G=527,531,1
 532 X=0 Y=19 Z=17
 536 X=18 G=532,536,1
 537 X=26
 541 X=44 G=537,541,1
 542 X=18 Y=25 Z=17
 543 X=26
 C JOINTS KONSOL LANTAI 5
 544 X=0 Y=-1.5 Z=17
 547 X=13.5 G=544,547,1
 548 X=30.5
 551 X=44 G=548,551,1
 552 X=0 Y=20.5 Z=17
 555 X=13.5 G=552,555,1
 556 X=30.5
 559 X=44 G=556,559,1
 C JOINTS LANTAI 6
 600 X=18 Y=-6 Z=21
 601 X=26 Y=-6 Z=21
 602 X=0 Y=0 Z=21
 606 X=18 Y=0 Z=21 G=602,606,1
 607 X=26
 611 X=44 G=607,611,1
 612 X=0 Y=8 Z=21
 616 X=18 G=612,616,1
 617 X=26
 621 X=44 G=617,621,1
 622 X=0 Y=11 Z=21
 626 X=18 G=622,626,1
 627 X=26
 631 X=44 G=627,631,1
 632 X=0 Y=19 Z=21
 636 X=18 G=632,636,1
 637 X=26
 641 X=44 G=637,641,1
 642 X=18 Y=25 Z=21
 643 X=26
 C JOINTS KONSOL LANTAI 4
 644 X=0 Y=-1.5 Z=21
 647 X=13.5 G=644,647,1
 648 X=30.5
 651 X=44 G=648,651,1
 652 X=0 Y=20.5 Z=21
 655 X=13.5 G=652,655,1
 656 X=30.5
 659 X=44 G=656,659,1
 C JOINTS PLAT ATAP

```

700 X=18 Y=-6 Z=25
701 X=26 Y=-6 Z=25
702 X=0 Y=0 Z=25
706 X=18 Y=0 Z=25 G=702,706,1
707 X=26
711 X=44 G=707,711,1
712 X=0 Y=8 Z=25
716 X=18 G=712,716,1
717 X=26
721 X=44 G=717,721,1
722 X=0 Y=11 Z=25
726 X=18 G=722,726,1
727 X=26
731 X=44 G=727,731,1
732 X=0 Y=19 Z=25
736 X=18 G=732,736,1
737 X=26
741 X=44 G=737,741,1
742 X=18 Y=25 Z=25
743 X=26
C JOINTS KONSOL PLAT ATAP
744 X=0 Y=-2 Z=25
747 X=13.5 G=744,747,1
748 X=30.5
751 X=44 G=748,751,1
752 X=0 Y=21 Z=25
755 X=13.5 G=752,755,1
756 X=30.5
759 X=44 G=756,759,1
760 X=16 Y=-6 Z=25
761 X=18 Y=-8
762 X=26
763 X=28 Y=-6
764 X=16 Y=25
765 X=18 Y=27
766 X=26
767 X=28 Y=25

```

RESTRAINTS

```
100,143,1 R=1,1,1,1,1,1
```

FRAME

```
NM=11 NL=38 Z=-1
```

C BALOK PLAT ATAP

```
1 SH=R T=0.6,0.6 E=2.1E6 W=2.4*0.6*0.6
2 SH=R T=0.5,0.3 E=2.1E6
3 SH=R T=0.6,0.4 E=2.1E6
4 SH=R T=0.4,0.3 E=2.1E6
5 SH=R T=0.4,0.3 E=2.1E6
```

C BALOK PLAT LANTAI

```
6 SH=R T=0.5,0.3 E=2.1E6
7 SH=R T=0.8,0.4 E=2.1E6
8 SH=R T=0.4,0.3 E=2.1E6
9 SH=R T=0.4,0.3 E=2.1E6
10 SH=R T=0.8,0.4 E=2.1E6
11 SH=R T=0.8,0.4 E=2.1E6
```

C BEBAN MATI PLAT ATAP

```
1 WG=0,0,-1.514
2 WG=0,0,-1.258 PLD=4,-5.468,0
```

3 WG=0,0,-0.970
 4 WG=0,0,-0.629 PLD=2,-3.097,0
 C BEBAN MATI BALOK LANTAI
 5 WG=0,0,-2.127
 6 WG=0,0,-2.070 PLD=4,-6.228,0
 7 WG=0,0,-1.032
 8 WG=0,0,-4.473
 9 WG=0,0,-1.320 PLD=4,-6.228,0
 10 WG=0,0,-0.567 PLD=1.5,-3.506,0
 C BEBAN HIDUP PLAT ATAP
 11 WG=0,0,-0.275
 12 WG=0,0,-0.200 PLD=4,-1.328,0
 13 WG=0,0,-0.200
 14 WG=0,0,-0.100 PLD=0,-0.423,0
 C BEBAN HIDUP BALOK LANTAI
 15 WG=0,0,-0.751
 16 WG=0,0,-0.500 PLD=4,-3.317,0
 17 WG=0,0,-0.600
 18 WG=0,0,-0.683
 19 WG=0,0,-0.500 PLD=4,-3.317,0
 20 WG=0,0,-0.225 PLD=1.5,-0.423,0
 C TAMBAHAN MATI ATAP
 21 WG=0,0,-0.917 PLD=4,-2.734,0
 22 WG=0,0,-1.689
 23 WG=0,0,-1.542 PLD=4,-2.820,0
 24 WG=0,0,-1.251 PLD=4,-2.820,0
 25 WG=0,0,-1.258 PLD=2,-1.965,0
 C HIDUP ATAP
 26 WG=0,0,-0.100 PLD=4,-0.664,0
 27 WG=0,0,-0.327
 28 WG=0,0,-0.284 PLD=4,-0.852,0
 29 WG=0,0,-.198 PLD=4,-0.852,0
 30 WG=0,0,-1.258 PLD=2,-1.965,0
 C MATI LANTAI
 31 WG=0,0,-1.540 PLD=4,-4.884,0
 32 WG=0,0,-1.602 PLD=1.5,-1.541,0
 33 WG=0,0,-1.890 PLD=4,-3.114,0
 C HIDUP LANTAI
 34 WG=0,0,-0.250 PLD=4,-1.500,0
 35 WG=0,0,-0.511 PLD=1.5,-0.828,0
 36 WG=0,0,-0.250 PLD=4,-1.659,0
 37 WG=0,0,-1.258 PLD=4,-9.347,0
 38 WG=0,0,-0.200 PLD=4,-2.134,0
 C KOLOM LANTAI 2
 100,100,200 M=1 LP=-2,0
 101,101,201 M=1 LP=-2,0
 102,102,202 M=1 LP=-2,0 G=3,1,1,1
 106,106,206 M=1 LP=-2,0
 107,107,207 M=1 LP=-2,0 G=4,1,1,1
 112,112,212 M=1 LP=-2,0 G=9,1,1,1
 122,122,222 M=1 LP=-2,0 G=9,1,1,1
 132,132,232 M=1 LP=-2,0 G=9,1,1,1
 142,142,242 M=1 LP=-2,0 G=1,1,1,1
 C BALOK ARAH X (MEMANJANG) (LANTAI 2)
 200,200,201 M=7 LP=-2,0 NSL=31,34,0
 201,202,203 M=6 LP=-2,0 NSL=5,15,0 G=3,1,1,1
 205,206,207 M=10 LP=-2,0 NSL=31,34,0
 206,207,208 M=6 LP=-2,0 NSL=5,15,0 G=3,1,1,1
 210,212,213 M=6 LP=-2,0 NSL=5,15,0 G=3,1,1,1

214,216,217	M=10	LP=-2,0	NSL=8,18,0	
215,217,218	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
219,222,223	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
223,226,227	M=10	LP=-2,0	NSL=8,18,0	
224,227,228	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
228,232,233	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
232,236,237	M=10	LP=-2,0	NSL=31,34,0	
233,237,238	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
239,242,243	M=7	LP=-2,0	NSL=31,34,0	
C BALOK ARAH Y (MELINTANG) (LANTAI 2)				
240,200,206	M=7	LP=3	NSL=32,35,0	G=1,1,1,1
242,202,212	M=7	LP=3	NSL=33,36,0	
244,204,214	M=7	LP=3	NSL=6,16,0	
246,206,216	M=7	LP=3	NSL=33,36,0	
247,207,217	M=7	LP=3	NSL=33,36,0	
243,203,213	M=11	LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
248,208,218	M=11	LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
249,209,219	M=7	LP=3	NSL=6,16,0	
251,211,221	M=7	LP=3	NSL=33,36,0	
252,212,222	M=8	LP=3	NSL=7,17,0	G=9,1,1,1
262,222,232	M=7	LP=3	NSL=33,36,0	
264,224,234	M=7	LP=3	NSL=6,16,0	
266,226,236	M=7	LP=3	NSL=33,36,0	
267,227,237	M=7	LP=3	NSL=33,36,0	
269,229,239	M=7	LP=3	NSL=6,16,0	
263,223,233	M=11	LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
268,228,238	M=11	LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
272,236,242	M=7	LP=3	NSL=6,16,0	G=1,1,1,1
C BALOK KONSOL				
274,202,244	M=9	LP=-3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1
278,208,248	M=9	LP=-3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1
282,232,252	M=9	LP=3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1
286,238,256	M=9	LP=3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1
C KOLOM LANTAI 3				
300,200,300	M=1	LP=-2,0		
301,201,301	M=1	LP=-2,0		
302,202,302	M=1	LP=-2,0	G=3,1,1,1	
306,206,306	M=1	LP=-2,0		
307,207,307	M=1	LP=-2,0	G=4,1,1,1	
312,212,312	M=1	LP=-2,0	G=9,1,1,1	
322,222,322	M=1	LP=-2,0	G=9,1,1,1	
332,232,332	M=1	LP=-2,0	G=9,1,1,1	
342,242,342	M=1	LP=-2,0	G=1,1,1,1	
C BALOK ARAH X (MEMANJANG) (LANTAI 3)				
400,300,301	M=7	LP=-2,0	NSL=31,34,0	
401,302,303	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
405,306,307	M=10	LP=-2,0	NSL=31,34,0	
406,307,308	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
410,312,313	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
414,316,317	M=10	LP=-2,0	NSL=8,18,0	
415,317,318	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
419,322,323	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
423,326,327	M=10	LP=-2,0	NSL=8,18,0	
424,327,328	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
428,332,333	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
432,336,337	M=10	LP=-2,0	NSL=31,34,0	
433,337,338	M=6	LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
439,342,343	M=7	LP=-2,0	NSL=31,34,0	
C BALOK ARAH Y (MELINTANG) (LANTAI 3)				

440,300,306	M=7 LP=3	NSL=32,35,0	G=1,1,1,1
442,302,312	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
444,304,314	M=7 LP=3	NSL=6,16,0	
446,306,316	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
447,307,317	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
443,303,313	M=11 LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
448,308,318	M=11 LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
449,309,319	M=7 LP=3	NSL=6,16,0	
451,311,321	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
452,312,322	M=8 LP=3	NSL=7,17,0	G=9,1,1,1
462,322,332	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
464,324,334	M=7 LP=3	NSL=6,16,0	
466,326,336	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
467,327,337	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
469,329,339	M=7 LP=3	NSL=6,16,0	
463,323,333	M=11 LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
468,328,338	M=11 LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
472,336,342	M=7 LP=3	NSL=32,35,0	G=1,1,1,1
C BALOK KONSOL (LANTAI 3)			
474,302,344	M=9 LP=-3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1
478,308,348	M=9 LP=-3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1
482,332,352	M=9 LP=3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1
486,338,356	M=9 LP=3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1
C KOLOM LANTAI 4			
500,300,400	M=1 LP=-2,0		
501,301,401	M=1 LP=-2,0		
502,302,402	M=1 LP=-2,0	G=3,1,1,1	
506,306,406	M=1 LP=-2,0		
507,307,407	M=1 LP=-2,0	G=4,1,1,1	
512,312,412	M=1 LP=-2,0	G=9,1,1,1	
522,322,422	M=1 LP=-2,0	G=9,1,1,1	
532,332,432	M=1 LP=-2,0	G=9,1,1,1	
542,342,442	M=1 LP=-2,0	G=1,1,1,1	
C BALOK ARAH X (MEMANJANG) (LANTAI 4)			
600,400,401	M=7 LP=-2,0	NSL=31,34,0	
601,402,403	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
605,406,407	M=10 LP=-2,0	NSL=31,34,0	
606,407,408	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
610,412,413	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
614,416,417	M=10 LP=-2,0	NSL=8,18,0	
615,417,418	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
619,422,423	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
623,426,427	M=10 LP=-2,0	NSL=8,18,0	
624,427,428	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
628,432,433	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
632,436,437	M=10 LP=-2,0	NSL=31,34,0	
633,437,438	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
639,442,443	M=7 LP=-2,0	NSL=31,34,0	
C BALOK ARAH Y (MELINTANG) (LANTAI 4)			
640,400,406	M=7 LP=3	NSL=32,35,0	G=1,1,1,1
642,402,412	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
644,404,414	M=7 LP=3	NSL=6,16,0	
646,406,416	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
647,407,417	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
643,403,413	M=11 LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
648,408,418	M=11 LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
649,409,419	M=7 LP=3	NSL=6,16,0	
651,411,421	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
652,412,422	M=8 LP=3	NSL=7,17,0	G=9,1,1,1

662,422,432	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
664,424,434	M=7 LP=3	NSL=6,16,0	
666,426,436	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
667,427,437	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
669,429,439	M=7 LP=3	NSL=6,16,0	
663,423,433	M=11 LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
668,428,438	M=11 LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
672,436,442	M=7 LP=3	NSL=32,35,0	G=1,1,1,1
C BALOK KONSOL (LANTAI 4)			
674,402,444	M=9 LP=-3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1
678,408,448	M=9 LP=-3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1
682,432,452	M=9 LP=3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1
686,438,456	M=9 LP=3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1
C KOLOM LANTAI 5			
700,400,500	M=1 LP=-2,0		
701,401,501	M=1 LP=-2,0		
702,402,502	M=1 LP=-2,0	G=3,1,1,1	
706,406,506	M=1 LP=-2,0		
707,407,507	M=1 LP=-2,0	G=4,1,1,1	
712,412,512	M=1 LP=-2,0	G=9,1,1,1	
722,422,522	M=1 LP=-2,0	G=9,1,1,1	
732,432,532	M=1 LP=-2,0	G=9,1,1,1	
742,442,542	M=1 LP=-2,0	G=1,1,1,1	
C BALOK ARAH X (MEMANJANG) (LANTAI 5)			
800,500,501	M=7 LP=-2,0	NSL=31,34,0	
801,502,503	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
805,506,507	M=10 LP=-2,0	NSL=31,34,0	
806,507,508	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
810,512,513	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
814,516,517	M=10 LP=-2,0	NSL=8,18,0	
815,517,518	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
819,522,523	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
823,526,527	M=10 LP=-2,0	NSL=8,18,0	
824,527,528	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
828,532,533	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
832,536,537	M=10 LP=-2,0	NSL=31,34,0	
833,537,538	M=6 LP=-2,0	NSL=5,15,0	G=3,1,1,1
839,542,543	M=7 LP=-2,0	NSL=31,34,0	
C BALOK ARAH Y (MELINTANG) (LANTAI 5)			
840,500,506	M=7 LP=3	NSL=32,35,0	G=1,1,1,1
842,502,512	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
844,504,514	M=7 LP=3	NSL=6,16,0	
846,506,516	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
847,507,517	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
843,503,513	M=11 LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
848,508,518	M=11 LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
849,509,519	M=7 LP=3	NSL=6,16,0	
851,511,521	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
852,512,522	M=8 LP=3	NSL=7,17,0	G=9,1,1,1
862,522,532	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
864,524,534	M=7 LP=3	NSL=6,16,0	
866,526,536	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
867,527,537	M=7 LP=3	NSL=33,36,0	
869,529,539	M=7 LP=3	NSL=6,16,0	
863,523,533	M=11 LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
868,528,538	M=11 LP=3	NSL=9,19,0	G=1,2,2,2
872,536,542	M=7 LP=3	NSL=32,35,0	G=1,1,1,1
C BALOK KONSOL (LANTAI 5)			
874,502,544	M=9 LP=-3	NSL=10,20,0	G=3,1,1,1

878,508,548 M=9 LP=-3 NSL=10,20,0 G=3,1,1,1
 882,532,552 M=9 LP=3 NSL=10,20,0 G=3,1,1,1
 886,538,556 M=9 LP=3 NSL=10,20,0 G=3,1,1,1

C KOLOM LANTAI 6

900,500,600 M=1 LP=-2,0
 901,501,601 M=1 LP=-2,0
 902,502,602 M=1 LP=-2,0 G=3,1,1,1
 906,506,606 M=1 LP=-2,0
 907,507,607 M=1 LP=-2,0 G=4,1,1,1
 912,512,612 M=1 LP=-2,0 G=9,1,1,1
 922,522,622 M=1 LP=-2,0 G=9,1,1,1
 932,532,632 M=1 LP=-2,0 G=9,1,1,1
 942,542,642 M=1 LP=-2,0 G=1,1,1,1

C BALOK ARAH X (MEMANJANG) (LANTAI 6)

1000,600,601 M=7 LP=-2,0 NSL=31,34,0
 1001,602,603 M=6 LP=-2,0 NSL=5,15,0 G=3,1,1,1
 1005,606,607 M=10 LP=-2,0 NSL=31,34,0
 1006,607,608 M=6 LP=-2,0 NSL=5,15,0 G=3,1,1,1
 1010,612,613 M=6 LP=-2,0 NSL=5,15,0 G=3,1,1,1
 1014,616,617 M=10 LP=-2,0 NSL=8,18,0
 1015,617,618 M=6 LP=-2,0 NSL=5,15,0 G=3,1,1,1
 1019,622,623 M=6 LP=-2,0 NSL=5,15,0 G=3,1,1,1
 1023,626,627 M=10 LP=-2,0 NSL=8,18,0
 1024,627,628 M=6 LP=-2,0 NSL=5,15,0 G=3,1,1,1
 1028,632,633 M=6 LP=-2,0 NSL=5,15,0 G=3,1,1,1
 1032,636,637 M=10 LP=-2,0 NSL=31,34,0
 1033,637,638 M=6 LP=-2,0 NSL=5,15,0 G=3,1,1,1
 1039,642,643 M=7 LP=-2,0 NSL=31,34,0

C BALOK ARAH Y (MELINTANG) (LANTAI 6)

1040,600,606 M=7 LP=3 NSL=32,35,0 G=1,1,1,1
 1042,602,612 M=7 LP=3 NSL=33,36,0
 1044,604,614 M=7 LP=3 NSL=6,16,0
 1046,606,616 M=7 LP=3 NSL=33,36,0
 1047,607,617 M=7 LP=3 NSL=33,36,0
 1043,603,613 M=11 LP=3 NSL=9,19,0 G=1,2,2,2
 1048,608,618 M=11 LP=3 NSL=9,19,0 G=1,2,2,2
 1049,609,619 M=7 LP=3 NSL=6,16,0
 1051,611,621 M=7 LP=3 NSL=33,36,0
 1052,612,622 M=8 LP=3 NSL=7,17,0 G=9,1,1,1
 1062,622,632 M=7 LP=3 NSL=33,36,0
 1064,624,634 M=7 LP=3 NSL=6,16,0
 1066,626,636 M=7 LP=3 NSL=33,36,0
 1067,627,637 M=7 LP=3 NSL=33,36,0
 1069,629,639 M=7 LP=3 NSL=6,16,0
 1063,623,633 M=11 LP=3 NSL=9,19,0 G=1,2,2,2
 1068,628,638 M=11 LP=3 NSL=9,19,0 G=1,2,2,2
 1072,636,642 M=7 LP=3 NSL=32,35,0 G=1,1,1,1

C BALOK KONSOL (LANTAI 6)

1074,602,644 M=9 LP=-3 NSL=10,20,0 G=3,1,1,1
 1078,608,648 M=9 LP=-3 NSL=10,20,0 G=3,1,1,1
 1082,632,652 M=9 LP=3 NSL=10,20,0 G=3,1,1,1
 1086,638,656 M=9 LP=3 NSL=10,20,0 G=3,1,1,1

C KOLOM PLAT ATAP

1100,600,700 M=1 LP=-2,0
 1101,601,701 M=1 LP=-2,0
 1102,602,702 M=1 LP=-2,0 G=3,1,1,1
 1106,606,706 M=1 LP=-2,0
 1107,607,707 M=1 LP=-2,0 G=4,1,1,1
 1112,612,712 M=1 LP=-2,0 G=9,1,1,1

1122,622,722 M=1 LP=-2,0 G=9,1,1,1
 1132,632,732 M=1 LP=-2,0 G=9,1,1,1
 1142,642,742 M=1 LP=-2,0 G=1,1,1,1
 C BALOK ARAH X (MEMANJANG) (PLAT ATAP)
 1200,700,701 M=3 LP=-2,0 NSL=24,29,0
 1201,702,703 M=2 LP=-2,0 NSL=1,11,0 G=3,1,1,1
 1205,706,707 M=3 LP=-2,0 NSL=23,28,0
 1206,707,708 M=2 LP=-2,0 NSL=1,11,0 G=3,1,1,1
 1210,712,713 M=2 LP=-2,0 NSL=1,11,0 G=3,1,1,1
 1214,716,717 M=3 LP=-2,0 NSL=22,27,0
 1215,717,718 M=2 LP=-2,0 NSL=1,11,0 G=3,1,1,1
 1219,722,723 M=2 LP=-2,0 NSL=1,11,0 G=3,1,1,1
 1223,726,727 M=3 LP=-2,0 NSL=22,27,0
 1224,727,728 M=2 LP=-2,0 NSL=1,11,0 G=3,1,1,1
 1228,732,733 M=2 LP=-2,0 NSL=1,11,0 G=3,1,1,1
 1232,736,737 M=3 LP=-2,0 NSL=23,28,0
 1233,737,738 M=2 LP=-2,0 NSL=1,11,0 G=3,1,1,1
 1239,742,743 M=3 LP=-2,0 NSL=24,29,0
 C BALOK ARAH Y (MELINTANG) (PLAT ATAP)
 1240,700,706 M=3 LP=3 NSL=25,30,0 G=1,1,1,1
 1242,702,712 M=3 LP=3 NSL=21,26,0
 1243,703,713 M=3 LP=3 NSL=2,12,0 G=2,1,1,1
 1246,706,716 M=3 LP=3 NSL=37,38,0 G=1,1,1,1
 1248,708,718 M=3 LP=3 NSL=2,12,0 G=2,1,1,1
 1251,711,721 M=3 LP=3 NSL=21,26,0
 1252,712,722 M=4 LP=3 NSL=3,13,0 G=9,1,1,1
 1262,722,732 M=3 LP=3 NSL=21,26,0
 1263,723,733 M=3 LP=3 NSL=2,12,0 G=2,1,1,1
 1266,726,736 M=3 LP=3 NSL=37,38,0 G=1,1,1,1
 1268,728,738 M=3 LP=3 NSL=2,12,0 G=2,1,1,1
 1271,731,741 M=3 LP=3 NSL=21,26,0
 1272,736,742 M=3 LP=3 NSL=25,30,0 G=1,1,1,1
 C BALOK KONSOL (PLAT ATAP)
 1274,702,744 M=5 LP=-3 NSL=4,14,0 G=3,1,1,1
 1278,708,748 M=5 LP=-3 NSL=4,14,0 G=3,1,1,1
 1282,732,752 M=5 LP=3 NSL=4,14,0 G=3,1,1,1
 1286,738,756 M=5 LP=3 NSL=4,14,0 G=3,1,1,1
 1290,700,760 M=5 LP=2 NSL=4,14,0
 1291,700,761 M=5 LP=-3 NSL=4,14,0
 1292,701,762 M=5 LP=-3 NSL=4,14,0
 1293,701,763 M=5 LP=-2 NSL=4,14,0
 1294,742,764 M=5 LP=2 NSL=4,14,0
 1295,742,765 M=5 LP=3 NSL=4,14,0
 1296,743,766 M=5 LP=3 NSL=4,14,0
 1297,743,767 M=5 LP=-2 NSL=4,14,0
 LOADS
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 2 (F1)
 202 L=3 F=0,1.997,0
 203 L=3 F=0,2.634,0
 204 L=3 F=0,3.393,0
 205 L=3 F=0,2.634,0
 200 L=3 F=0,4.071,0
 201 L=3 F=0,4.071,0
 208 L=3 F=0,2.634,0
 209 L=3 F=0,3.393,0
 210 L=3 F=0,2.634,0
 211 L=3 F=0,1.997,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 3 (F2)
 302 L=3 F=0,3.595,0

303 L=3 F=0,4.742,0
 304 L=3 F=0,6.107,0
 305 L=3 F=0,4.742,0
 300 L=3 F=0,7.328,0
 301 L=3 F=0,7.328,0
 308 L=3 F=0,4.742,0
 309 L=3 F=0,6.107,0
 310 L=3 F=0,4.742,0
 311 L=3 F=0,3.595,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 4 (F3)
 402 L=3 F=0,5.193,0
 403 L=3 F=0,6.849,0
 404 L=3 F=0,8.822,0
 405 L=3 F=0,6.849,0
 400 L=3 F=0,10.585,0
 401 L=3 F=0,10.585,0
 408 L=3 F=0,6.849,0
 409 L=3 F=0,8.822,0
 410 L=3 F=0,6.849,0
 411 L=3 F=0,5.193,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 5 (F4)
 502 L=3 F=0,6.791,0
 503 L=3 F=0,8.957,0
 504 L=3 F=0,11.536,0
 505 L=3 F=0,8.957,0
 500 L=3 F=0,13.842,0
 501 L=3 F=0,13.842,0
 508 L=3 F=0,8.957,0
 509 L=3 F=0,11.536,0
 510 L=3 F=0,8.957,0
 511 L=3 F=0,6.791,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 6 (F5)
 602 L=3 F=0,8.389,0
 603 L=3 F=0,11.064,0
 604 L=3 F=0,14.450,0
 605 L=3 F=0,11.064,0
 600 L=3 F=0,17.098,0
 601 L=3 F=0,17.098,0
 608 L=3 F=0,11.064,0
 609 L=3 F=0,14.250,0
 610 L=3 F=0,11.064,0
 611 L=3 F=0,8.389,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) PLAT ATAP (F6)
 702 L=3 F=0,7.207,0
 703 L=3 F=0,9.906,0
 704 L=3 F=0,11.826,0
 705 L=3 F=0,9.906,0
 700 L=3 F=0,21.222,0
 701 L=3 F=0,21.222,0
 708 L=3 F=0,9.906,0
 709 L=3 F=0,11.826,0
 710 L=3 F=0,9.906,0
 711 L=3 F=0,7.207,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 2 (F1)
 242 L=3 F=0.886*0.3,0,0
 232 L=3 F=8.208*0.3,0,0
 222 L=3 F=7.211*0.3,0,0
 212 L=3 F=7.211*0.3,0,0
 202 L=3 F=8.208*0.3,0,0

200 L=3 F=0.886*0.3,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 3 (F2)
 342 L=3 F=1.595*0.3,0,0
 332 L=3 F=14.774*0.3,0,0
 322 L=3 F=12.979*0.3,0,0
 312 L=3 F=12.979*0.3,0,0
 302 L=3 F=14.774*0.3,0,0
 300 L=3 F=1.595*0.3,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 4 (F3)
 442 L=3 F=2.304*0.3,0,0
 432 L=3 F=21.341*0.3,0,0
 422 L=3 F=18.749*0.3,0,0
 412 L=3 F=18.749*0.3,0,0
 402 L=3 F=21.341*0.3,0,0
 400 L=3 F=2.304*0.3,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 5 (F4)
 542 L=3 F=3.013*0.3,0,0
 532 L=3 F=27.907*0.3,0,0
 522 L=3 F=24.517*0.3,0,0
 512 L=3 F=24.517*0.3,0,0
 502 L=3 F=27.907*0.3,0,0
 500 L=3 F=3.013*0.3,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 6 (F5)
 642 L=3 F=3.722*0.3,0,0
 632 L=3 F=34.473*0.3,0,0
 622 L=3 F=30.286*0.3,0,0
 612 L=3 F=30.286*0.3,0,0
 602 L=3 F=34.473*0.3,0,0
 600 L=3 F=3.722*0.3,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) PLAT ATAP (F6)
 742 L=3 F=5.740*0.3,0,0
 732 L=3 F=25.333*0.3,0,0
 722 L=3 F=24.756*0.3,0,0
 712 L=3 F=24.756*0.3,0,0
 702 L=3 F=25.333*0.3,0,0
 700 L=3 F=5.740*0.3,0,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 2 (F1)
 202 L=4 F=0,1.997*0.3,0
 203 L=4 F=0,2.634*0.3,0
 204 L=4 F=0,3.393*0.3,0
 205 L=4 F=0,2.634*0.3,0
 200 L=4 F=0,4.071*0.3,0
 201 L=4 F=0,4.071*0.3,0
 208 L=4 F=0,2.634*0.3,0
 209 L=4 F=0,3.393*0.3,0
 210 L=4 F=0,2.634*0.3,0
 211 L=4 F=0,1.997*0.3,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 3 (F2)
 302 L=4 F=0,3.595*0.3,0
 303 L=4 F=0,4.742*0.3,0
 304 L=4 F=0,6.107*0.3,0
 305 L=4 F=0,4.742*0.3,0
 300 L=4 F=0,7.328*0.3,0
 301 L=4 F=0,7.328*0.3,0
 308 L=4 F=0,4.742*0.3,0
 309 L=4 F=0,6.107*0.3,0
 310 L=4 F=0,4.742*0.3,0
 311 L=4 F=0,3.595*0.3,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 4 (F3)

402 L=4 F=0,5.193*0.3,0
 403 L=4 F=0,6.849*0.3,0
 404 L=4 F=0,8.822*0.3,0
 405 L=4 F=0,6.849*0.3,0
 400 L=4 F=0,10.585*0.3,0
 401 L=4 F=0,10.585*0.3,0
 408 L=4 F=0,6.849*0.3,0
 409 L=4 F=0,8.822*0.3,0
 410 L=4 F=0,6.849*0.3,0
 411 L=4 F=0,5.193*0.3,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 5 (F4)
 502 L=4 F=0,6.791*0.3,0
 503 L=4 F=0,8.957*0.3,0
 504 L=4 F=0,11.536*0.3,0
 505 L=4 F=0,8.957*0.3,0
 500 L=4 F=0,13.842*0.3,0
 501 L=4 F=0,13.842*0.3,0
 508 L=4 F=0,8.957*0.3,0
 509 L=4 F=0,11.536*0.3,0
 510 L=4 F=0,8.957*0.3,0
 511 L=4 F=0,6.791*0.3,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) LANTAI 6 (F5)
 602 L=4 F=0,8.389*0.3,0
 603 L=4 F=0,11.064*0.3,0
 604 L=4 F=0,14.450*0.3,0
 605 L=4 F=0,11.064*0.3,0
 600 L=4 F=0,17.098*0.3,0
 601 L=4 F=0,17.098*0.3,0
 608 L=4 F=0,11.064*0.3,0
 609 L=4 F=0,14.250*0.3,0
 610 L=4 F=0,11.064*0.3,0
 611 L=4 F=0,8.389*0.3,0
 C GEMPA ARAH Y (MELINTANG) PLAT ATAP (F6)
 702 L=4 F=0,7.207*0.,0
 703 L=4 F=0,9.906*0.3,0
 704 L=4 F=0,11.826*0.3,0
 705 L=4 F=0,9.906*0.3,0
 700 L=4 F=0,21.222*0.3,0
 701 L=4 F=0,21.222*0.3,0
 708 L=4 F=0,9.906*0.3,0
 709 L=4 F=0,11.826*0.3,0
 710 L=4 F=0,9.906*0.3,0
 711 L=4 F=0,7.207*0.3,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 2 (F1)
 242 L=4 F=0.886,0,0
 232 L=4 F=8.208,0,0
 222 L=4 F=7.211,0,0
 212 L=4 F=7.211,0,0
 202 L=4 F=8.208,0,0
 200 L=4 F=0.886,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 3 (F2)
 342 L=4 F=1.595,0,0
 332 L=4 F=14.774,0,0
 322 L=4 F=12.979,0,0
 312 L=4 F=12.979,0,0
 302 L=4 F=14.774,0,0
 300 L=4 F=1.595,0,0
 C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 4 (F3)
 442 L=4 F=2.304,0,0

- 432 L=4 F=21.341,0,0
- 422 L=4 F=18.749,0,0
- 412 L=4 F=18.749,0,0
- 402 L=4 F=21.341,0,0
- 400 L=4 F=2.304,0,0

C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 5 (F4)

- 542 L=4 F=3.013,0,0
- 532 L=4 F=27.907,0,0
- 522 L=4 F=24.517,0,0
- 512 L=4 F=24.517,0,0
- 502 L=4 F=27.907,0,0
- 500 L=4 F=3.013,0,0

C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) LANTAI 6 (F5)

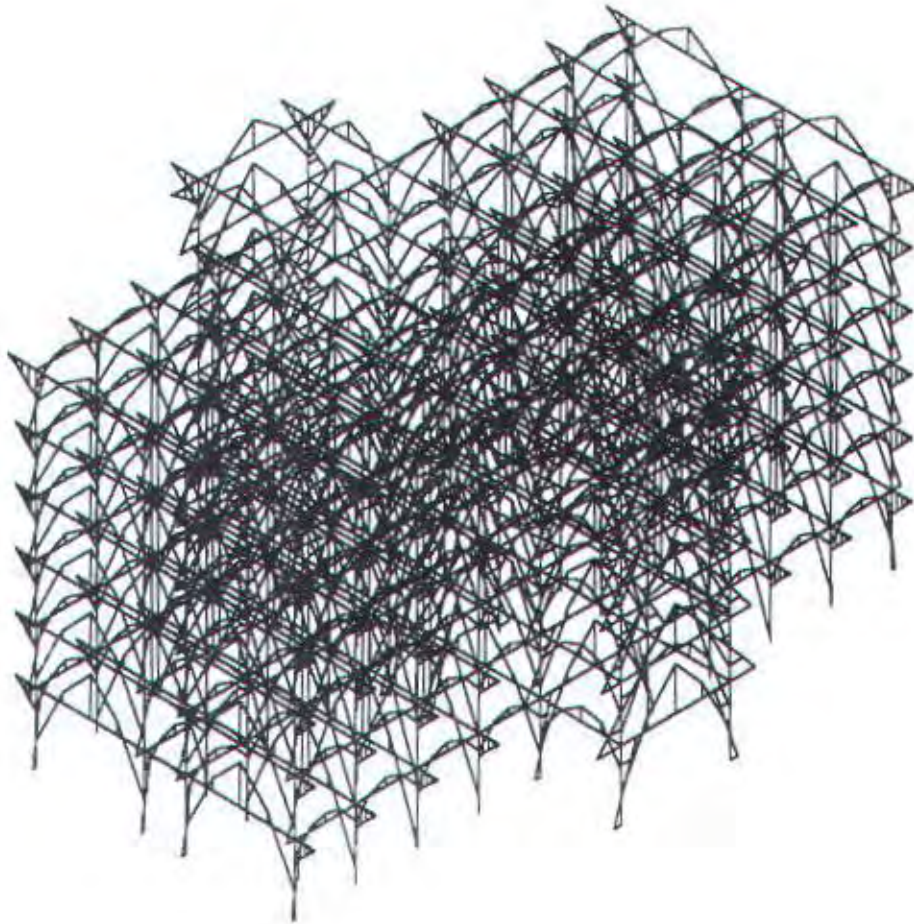
- 642 L=4 F=3.722,0,0
- 632 L=4 F=34.473,0,0
- 622 L=4 F=30.286,0,0
- 612 L=4 F=30.286,0,0
- 602 L=4 F=34.473,0,0
- 600 L=4 F=3.722,0,0

C GEMPA ARAH X (MEMANJANG) PLAT ATAP (F6)

- 742 L=4 F=5.740,0,0
- 732 L=4 F=25.333,0,0
- 722 L=4 F=24.756,0,0
- 712 L=4 F=24.756,0,0
- 702 L=4 F=25.333,0,0
- 700 L=4 F=5.740,0,0

COMBO

- 1 C=1,1,0,0
- 2 C=1,1,1,0
- 3 C=1.2,1.6,0,0
- 4 C=1.05,0.945,1.05,0 : 1.05 (D+0.9L+E) 100% ARAH Y & 30% ARAH X
- 5 C=1.05,0.945,-1.05,0 : 1.05 (D+0.9L-E) 100% ARAH Y & 30% ARAH X
- 6 C=1.05,0.945,0,1.05 : 1.05 (D+0.9L+E) 100% ARAH X & 30% ARAH Y
- 7 C=1.05,0.945,0,-1.05 : 1.05 (D+0.9L-E) 100% ARAH X & 30% ARAH Y
- 8 C=1.05,1.05,1.3*1.05,0 : 1.05 (D+L+ ω_s *E) 100% ARAH Y & 30% ARAH X
- 9 C=1.05,1.05,-1.3*1.05,0 : 1.05 (D+L- ω_s *E) 100% ARAH Y & 30% ARAH X



GEDUNG B

FRAME

OUTPUT M33

LOAD 4

ENVELOPES

MIN < 423>

-.3132E+02

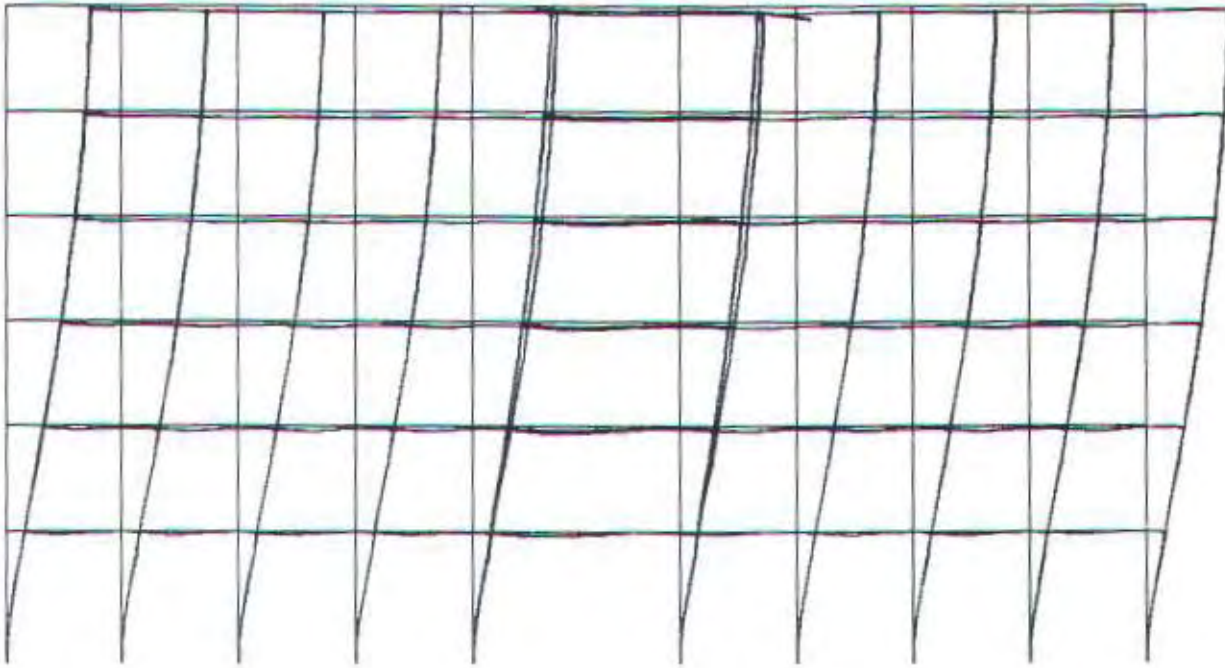
AT .00

MAX < 264>

.2552E+02

AT 4.00

SAP90



GEDUNG B

DEFORMED
SHAPE

LOAD 7

MINIMA

X .0000E+00

Y .0000E+00

Z -.8689E-02

MAXIMA

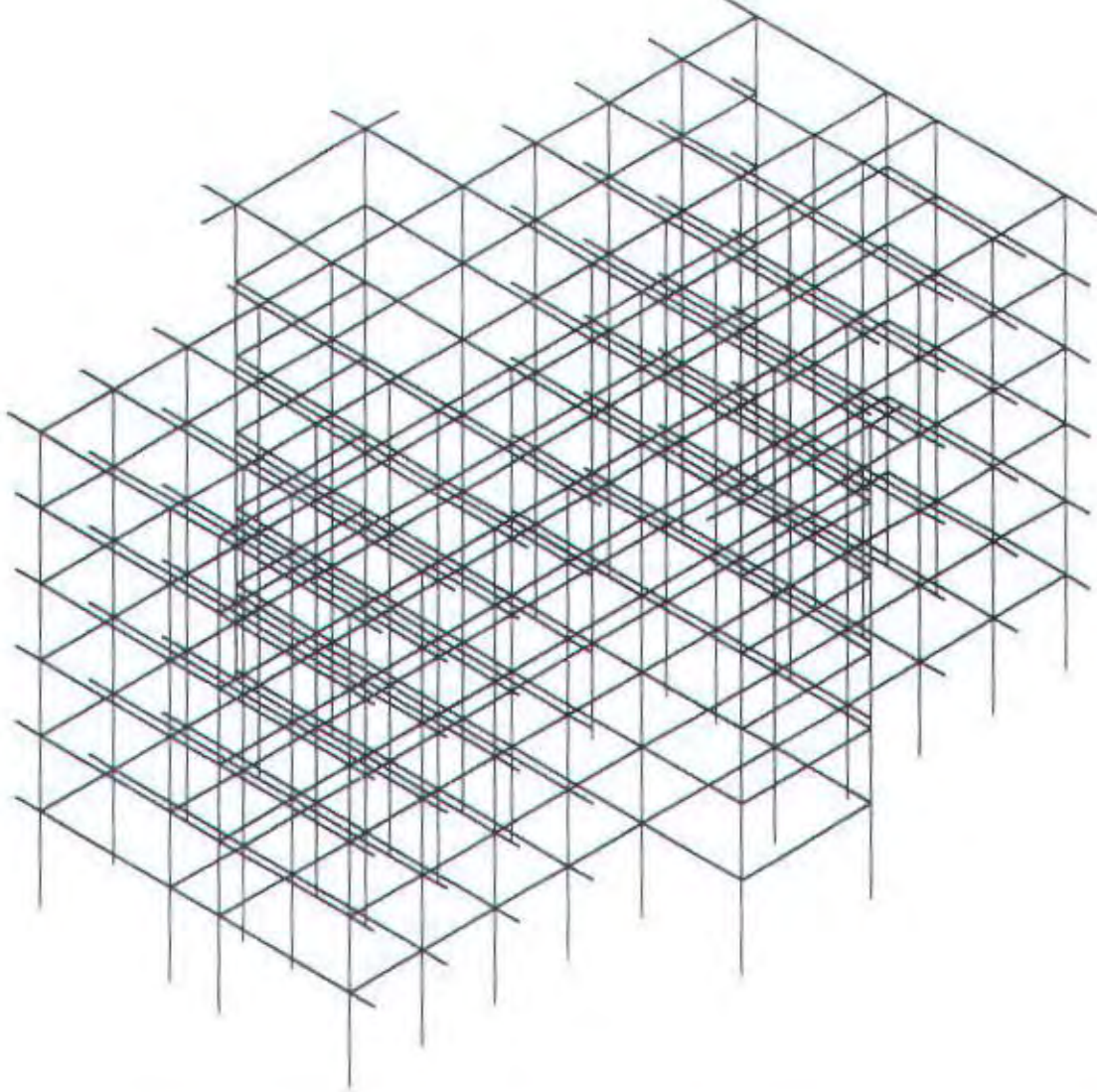
X .5917E-01

Y .1351E-01

Z .0000E+00

GEMPA 100 % ARAH X DAN 30 % ARAH Y

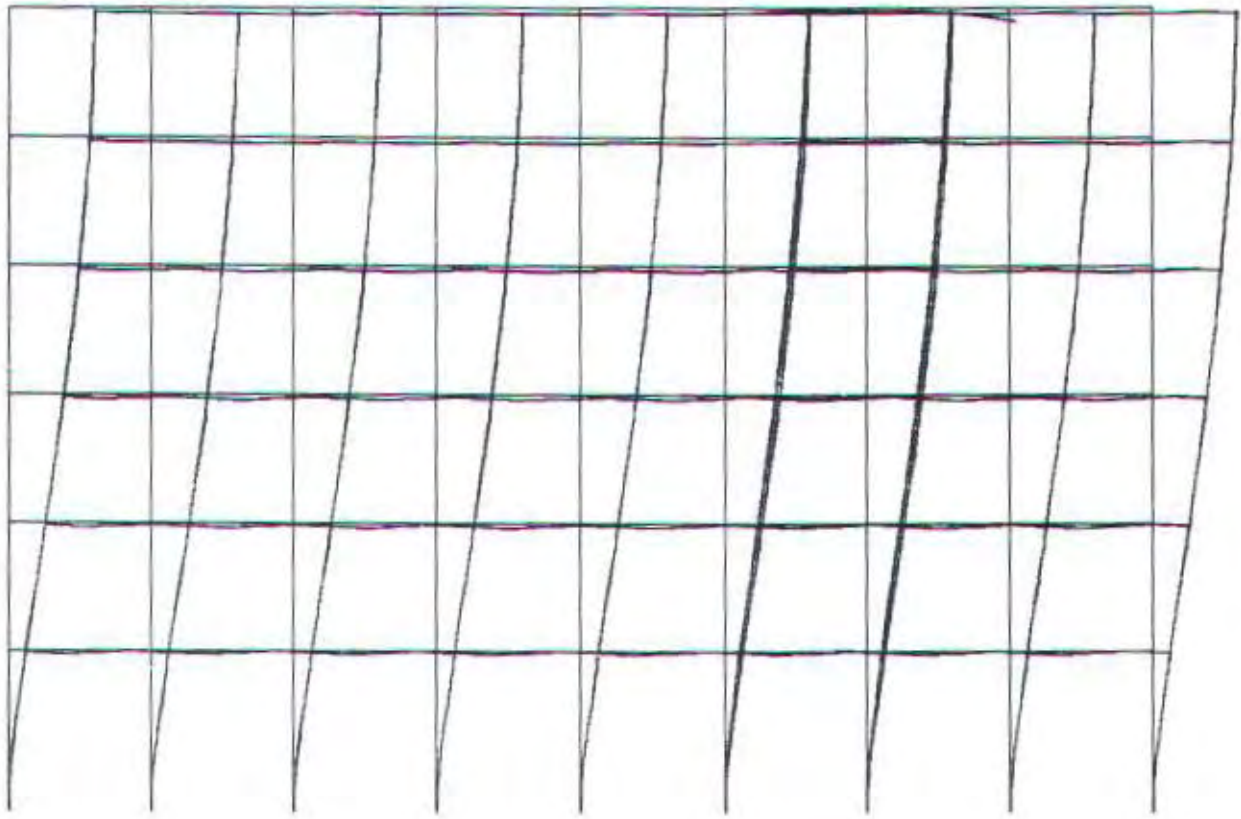
SAP90



GEDUNG B
UNDEFORME
SHAPE

OPTIONS
WIRE FRAME

SAP90

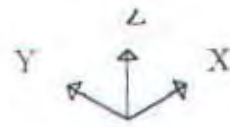
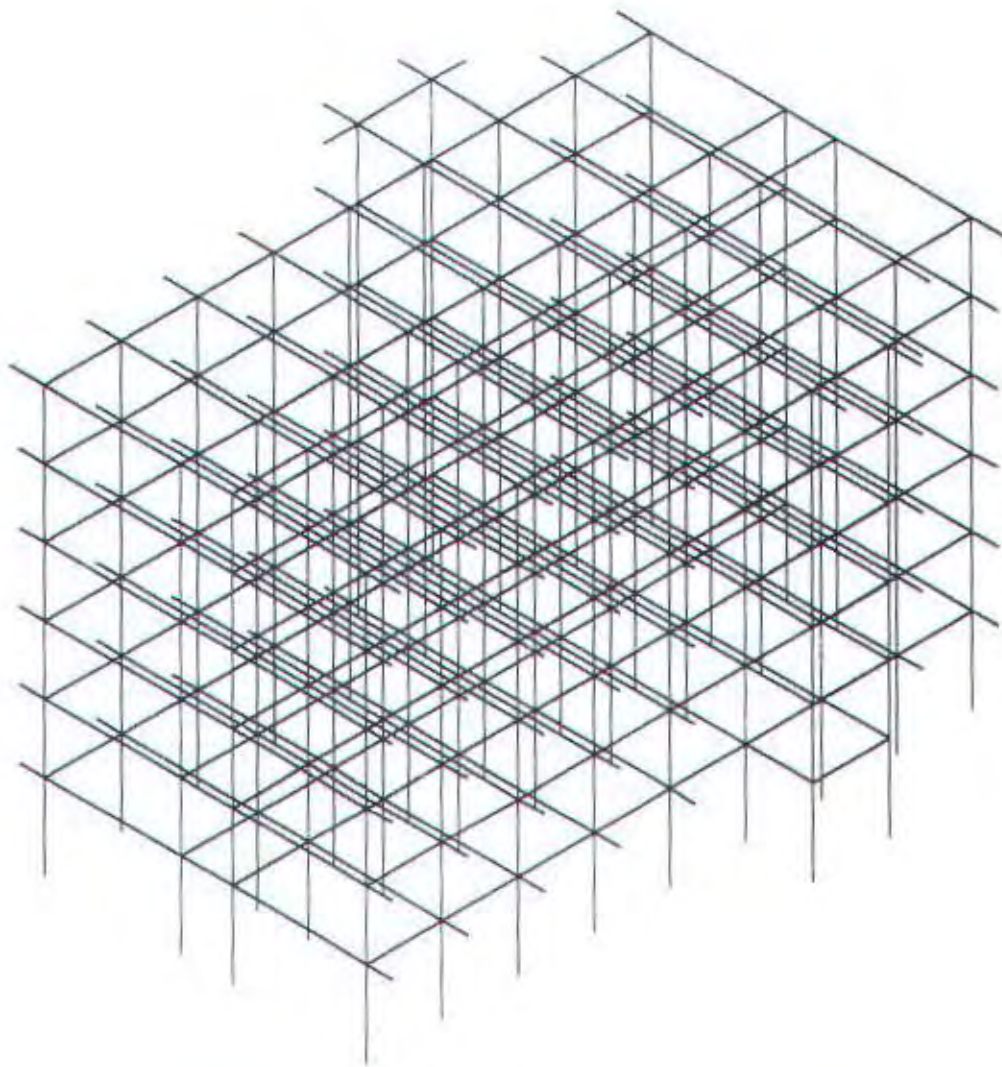


GEDUNG A
DEFORMED
SHAPE
LOAD 7

MINIMA
X .0000E+00
Y .0000E+00
Z -.8967E-02
MAXIMA
X .6249E-01
Y .1363E-01
Z .0000E+00

GEMPA 100 % ARAH X DAN 30 % ARAH Y

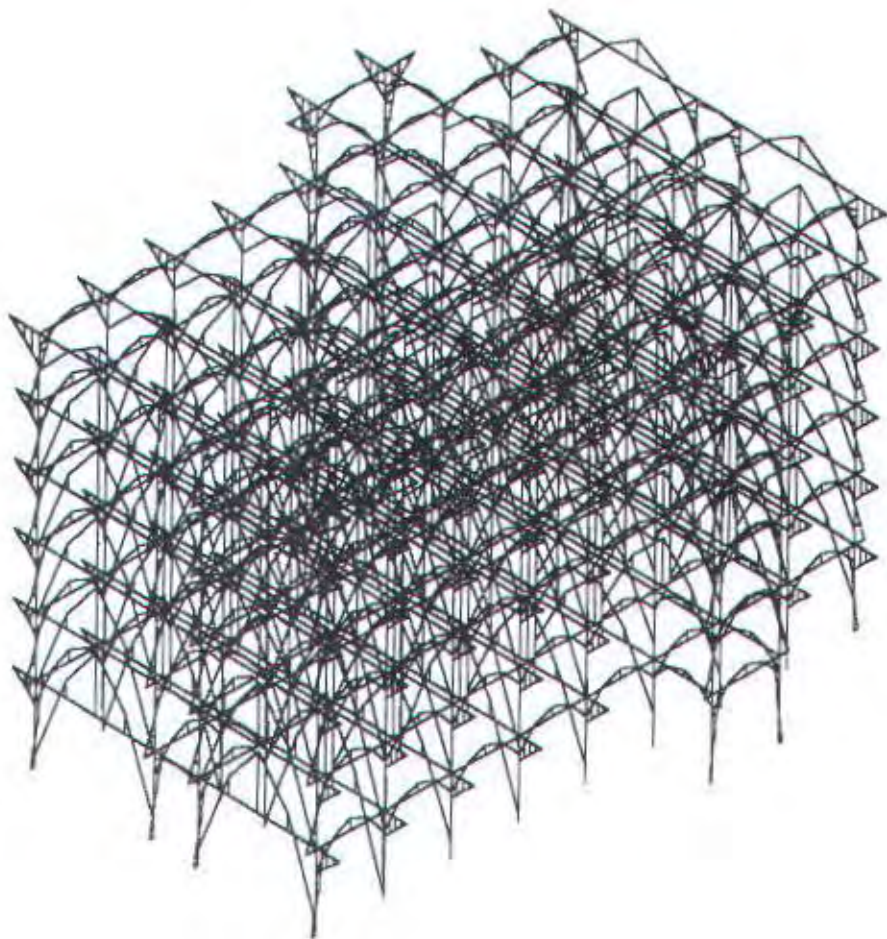
SAP90



GEDUNG A
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
WIRE FRAME

SAP90

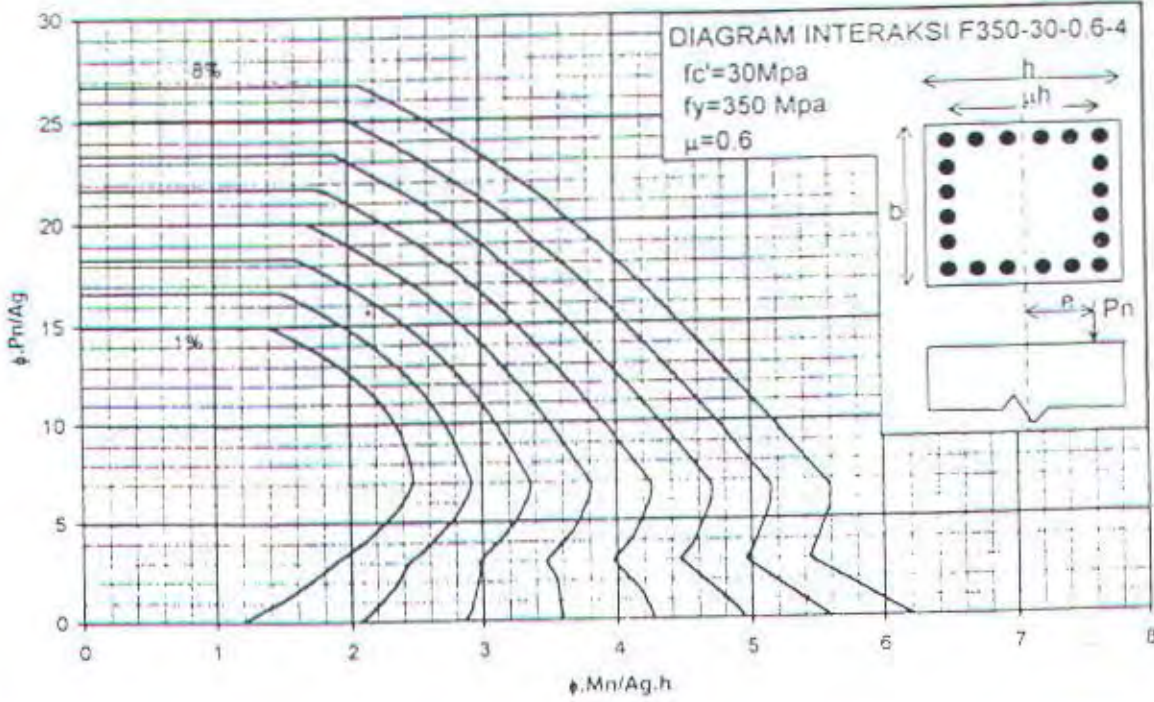


GEDUNG A
FRAME
OUTPUT M33
LOAD 4

ENVELOPES
MIN < 437 >
-.3020E+02
AT .00
MAX < 237 >
.2806E+02
AT 4.00

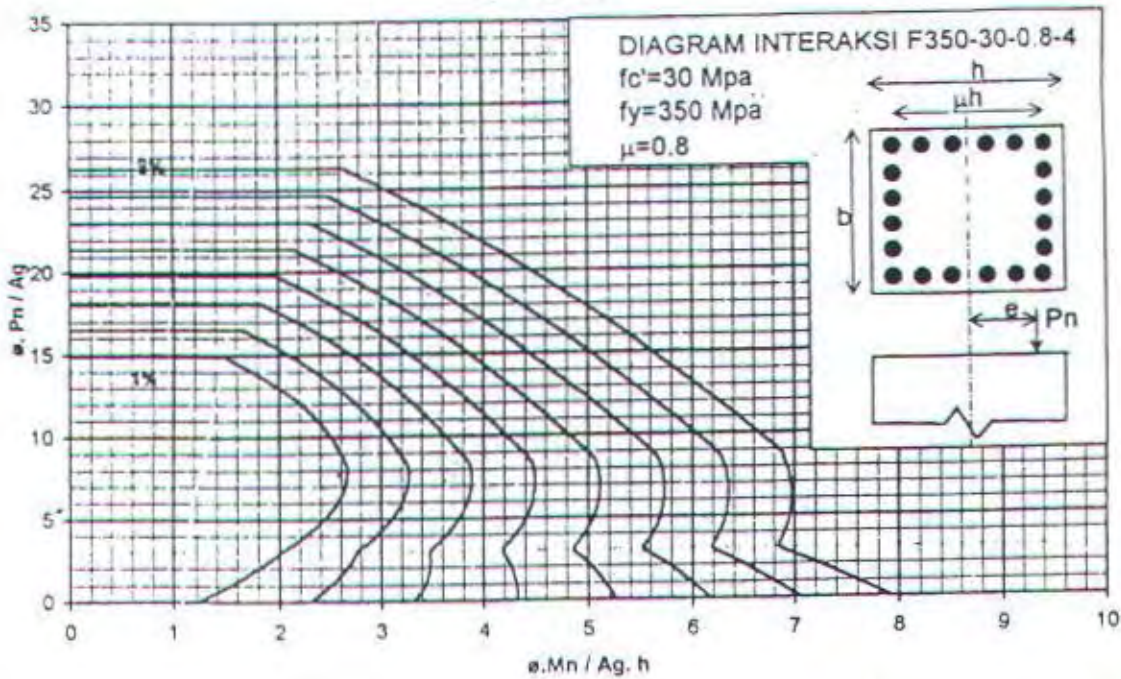
SAP90

DIAGRAM INTERAKSI
F350-30-0,6-4

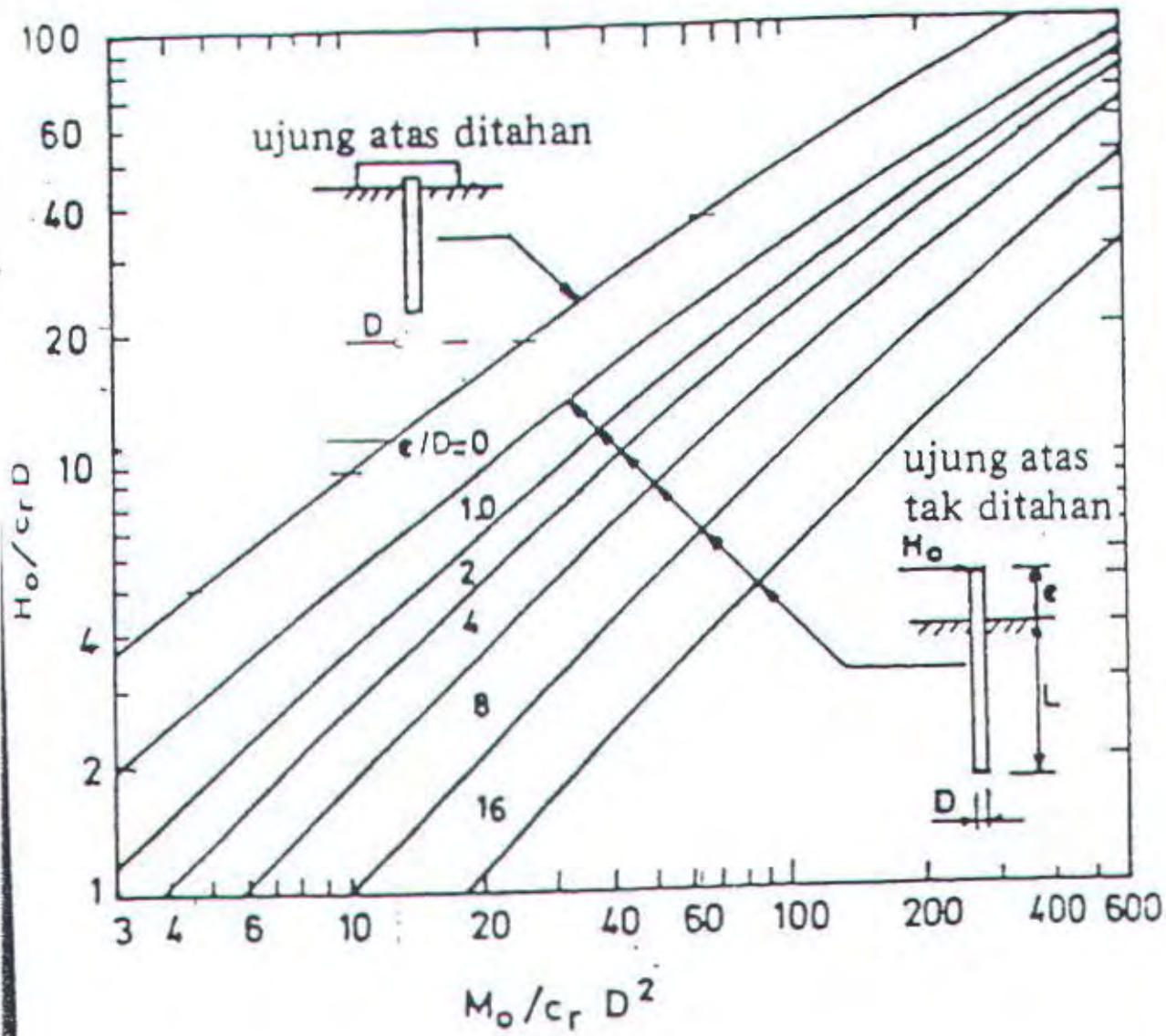


F350-30-0,6-4

DIAGRAM INTERAKSI
F350-30-0,8-4



F350-30-0,8-4



GAMBAR B-3



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

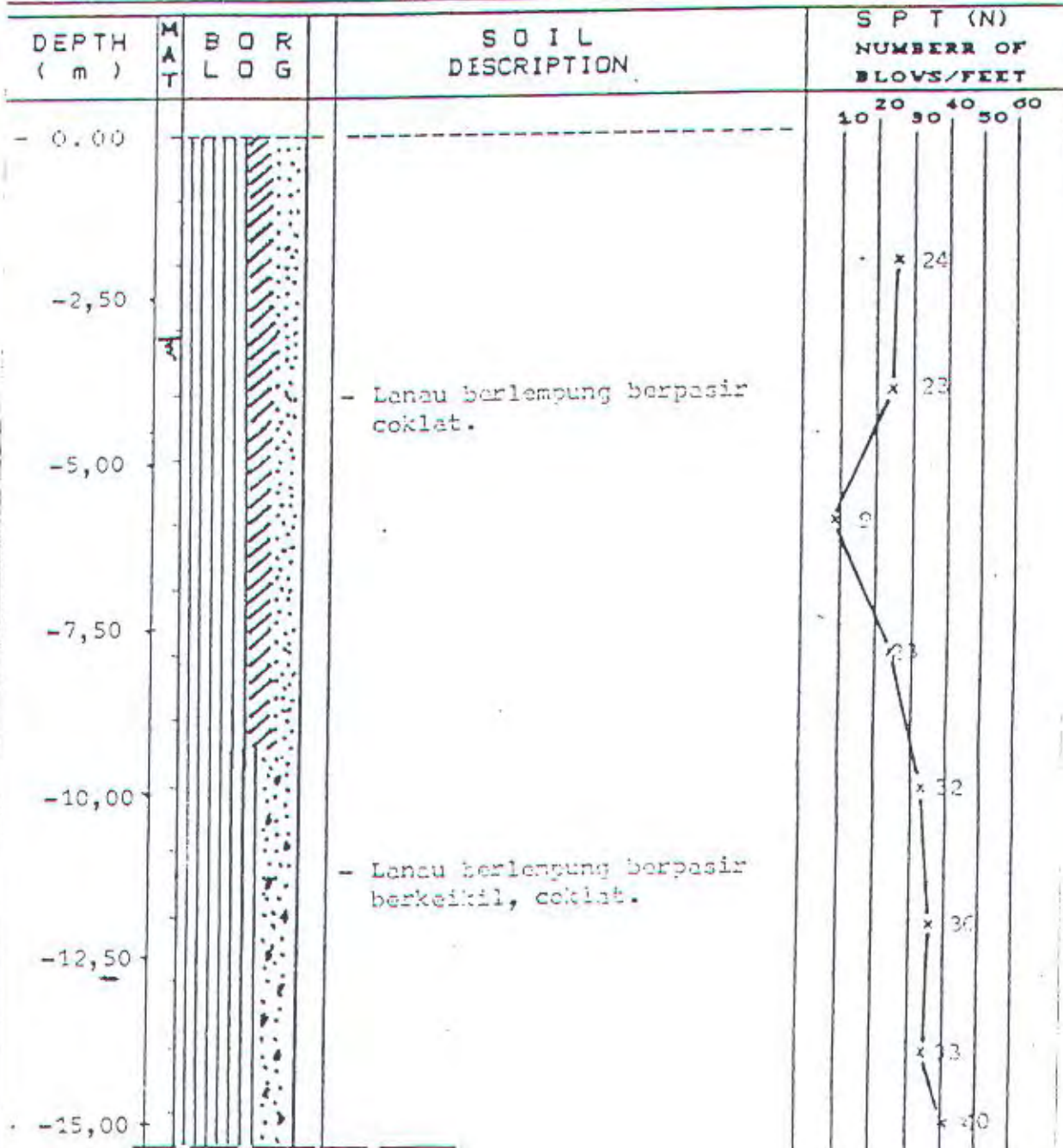
KAMPUS ITS SUKOLLO TELP.596094 SURABAYA (60111)

PROJECT : PT. TELKOM
 LOCATION : STO - GABANG

BORING NO : BH.
 DATE : 8-3-1996
 M.A.T : -3.25 m

LEGEND :

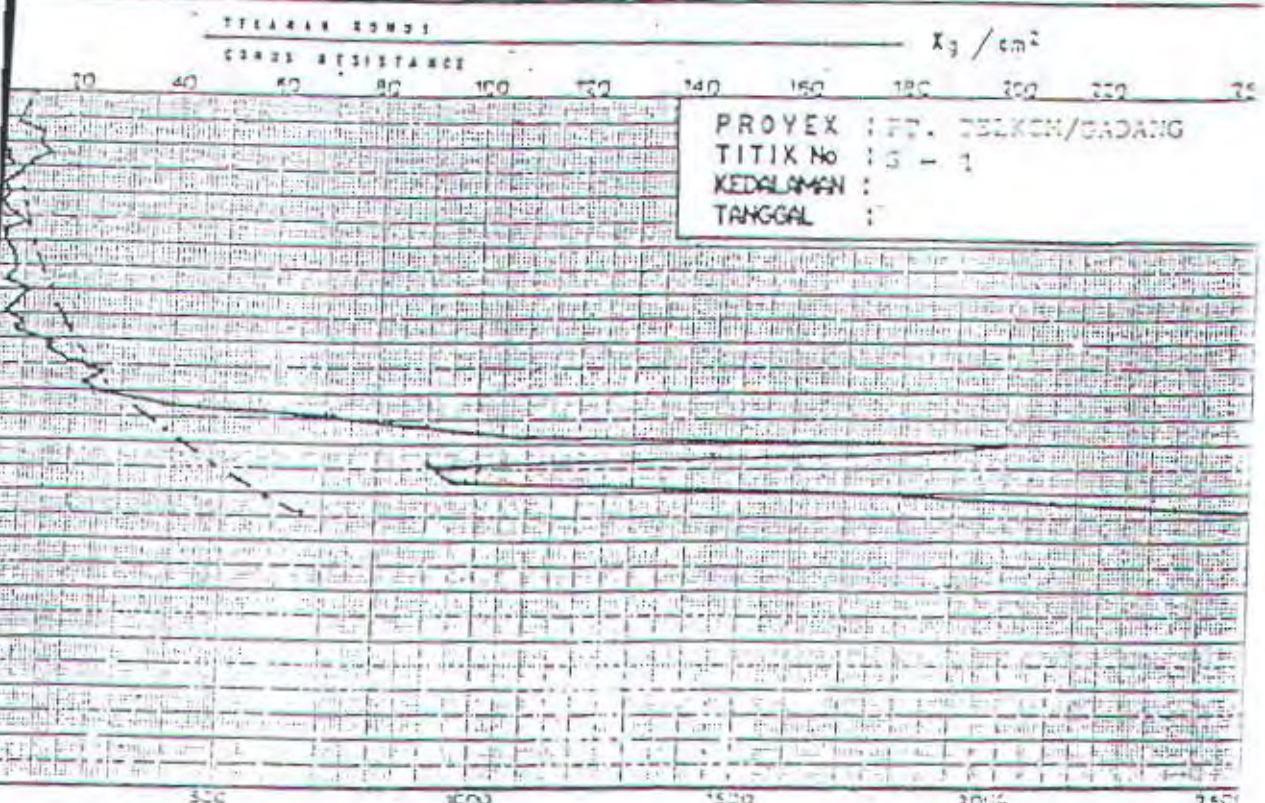
CLAY
 SILT
 SAND
 GRAVEL
 SHELL



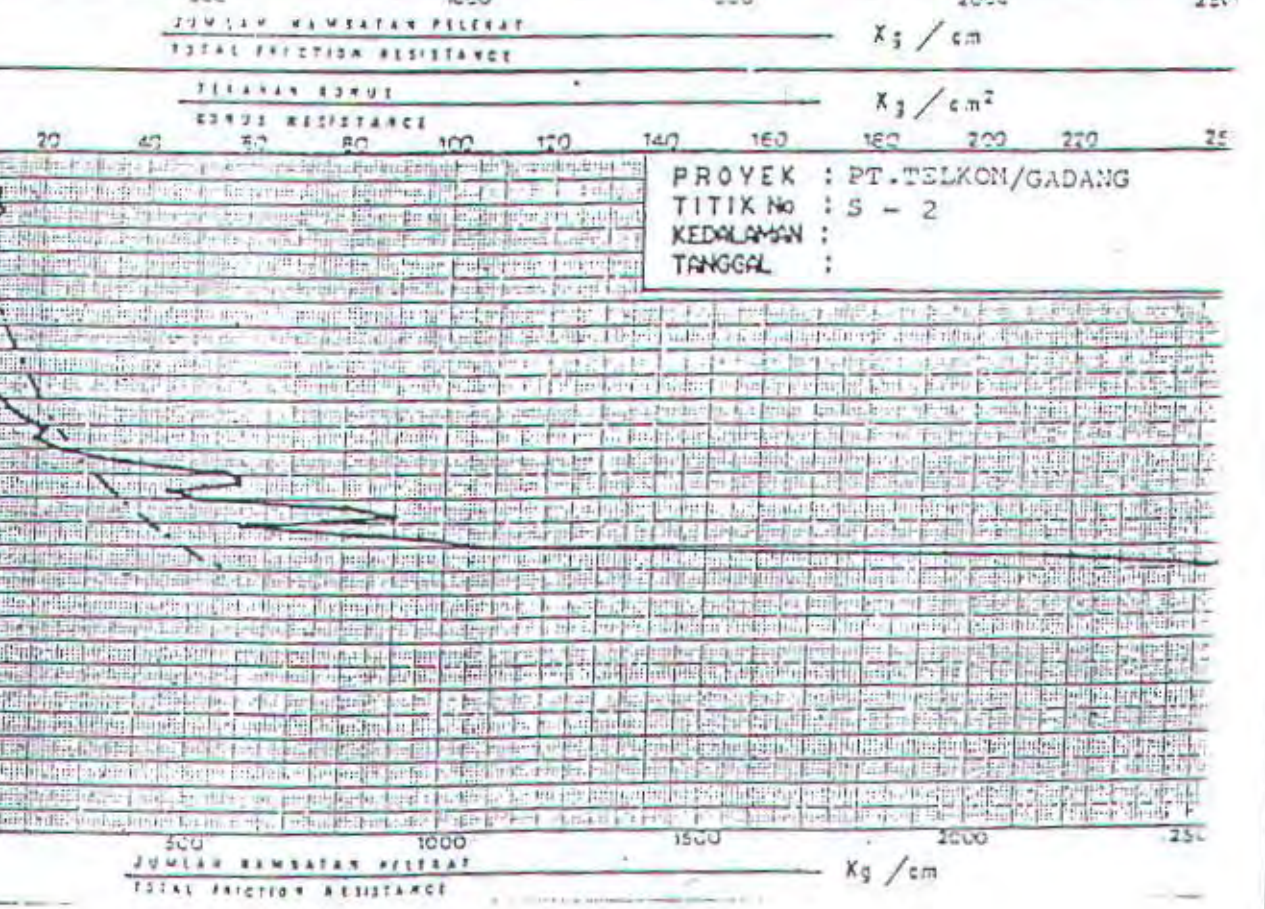


INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 KAMPUS ITS KEPUKUH SUKOLLO TELP. 5960094 SURABAYA

DUTCH CONE
 PENETROMETER TEST

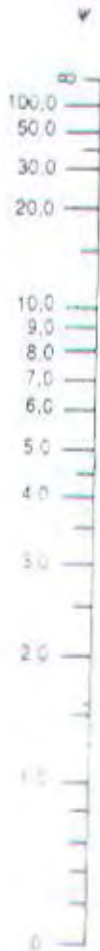


PROYEK : PT. TELKON/GADANG
 TITIK No : 5 - 1
 KEDALAMAN :
 TANGGAL :



PROYEK : PT. TELKON/GADANG
 TITIK No : 5 - 2
 KEDALAMAN :
 TANGGAL :

Pada ujung atas kolom



Pada ujung atas kolom

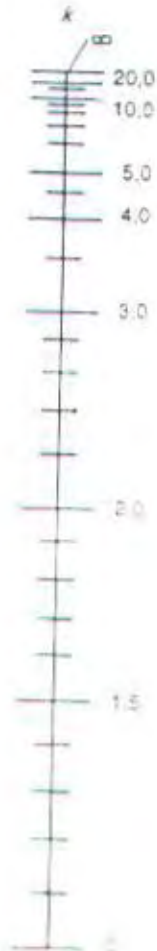
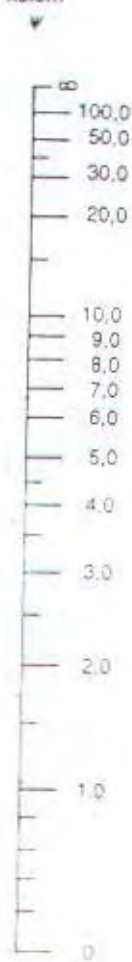


Diagram nominogram untuk menentukan panjang tekuk suatu kolom pada portal tanpa pengaku.

A PILE CLASSIFICATION

Pile Diameter (mm)	Thickness (mm)	Class	PC WIRE		Area of steel (Cm ²)	Area of Concrete (Cm ²)	Section Modulus (Cm ³)	Effective Prestress (Kg/ Cm ²)	Allowable Axial (T)	Bending Moment		
			D (mm)	Numb						Crack (tf.m)	Ult (tf.m)	
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			6.30
		B	7	16	6.16	615.75	3758.65	84.46	85.97			9.00
		C	9	12	7.63	615.75	3781.43	100.95	83.26			12.00
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			9.75
		B	9	12	7.63	765.77	5458.95	80.16	107.79			13.50
			7	20	7.70	765.77	5460.06	84.84	106.83			13.50
		C	9	16	10.18	765.77	5503.81	105.53	102.62			18.00
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			12.75
		A3	9	12	7.63	929.91	7562.96	67.46	134.04			15.00
			7	20	7.70	929.91	7564.27	72.49	132.79			15.00
		B	7	24	9.24	929.91	7596.51	84.08	129.92			19.80
			C	9	20	12.72	929.91	7669.56	108.62			123.85
		500	90	A1	7	16	6.16	1159.25	10362.44			49.45
A2	7			20	7.70	1159.25	10399.83	60.19	169.34	18.75		
	9			12	7.63	1159.25	10398.31	56.02	170.63	18.75		
A3	7			24	9.24	1159.25	10437.22	70.32	166.21	21.00		
	B			7	28	10.78	1159.25	10474.61	80.48	163.08	27.00	
C	9			24	15.27	1159.25	10593.74	104.56	155.64	34.00		
600	100			A1	7	20	7.70	1570.80	17255.62	46.00	235.40	17.00
		A2	7	24	9.24	1570.80	17303.38	54.13	232.00	28.50		
			A3	9	20	12.72	1570.80	17411.58	66.82	226.69	33.00	
		7		32	12.32	1570.80	17398.90	69.33	225.62	33.00		
		B	9	24	15.27	1570.80	17490.53	80.13	221.12	45.00		
		C	9	32	20.36	1570.80	17648.44	102.89	211.60	58.00		

generally comply with A 5302 - 1987 and modified to suit ACI 543 - 1979 & PBI 71
 tested Concrete cube Compressive strength is 600 Kg/cm² at 28 days
 allowable axial load is applicable to pile acting as a short strut