



TUGAS AKHIR

PENINJAUAN PERHITUNGAN PERENCANAAN STRUKTUR ATAS PELAT LANTAI, BALOK, DAN KOLOM LANTAI DASAR PROYEK PASAR SENEN JAYA BLOK 1 DAN 2

Diajukan sebagai Syarat untuk Menempuh Ujian Akhir pada
Program Studi Diploma III Teknik Sipil
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang

Disusun Oleh:

MIA DWI RAKHMAHWATI

40030117060018

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2022

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Mia Dwi Rakhmahwati
NIM : 40030117060018
Tanda Tangan :
Tanggal :

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPERLUAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mia Dwi Rakhmahwati
NIM : 40030117060018
Jurusan/Program Studi : Diploma III Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil dan Perencanaan Wilayah
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksekutif** (*Non-Executive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PENINJAUAN PERHITUNGAN PERENCANAAN STRUKTUR ATAS PELAT LANTAI, BALOK, DAN KOLOM LANTAI DASAR PASAR SENEN JAYA BLOK 1 DAN 2, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan hak bebas royalti/noneksekutif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/memformat, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di :

Pada Tanggal :

Yang menyatakan

(.....)

HALAMAN PENGESAHAN



TUGAS AKHIR

PENINJAUAN PERHITUNGAN PERENCANAAN STRUKTUR ATAS PASAR SENEN JAYA BLOK 1 DAN 2

Tugas akhir ini telah diperiksa dan disahkan pada

hari :

tanggal :

Disusun oleh :

Mia Dwi Rakhmahwati

40030117060018

Dosen Pembimbing

Sutanto, S.T., M.T.

NIP. 195804051982031005

Mengetahui,

Ketua Program Studi Diploma III

Teknik Sipil Sekolah Vokasi UNDIP

Asri Nurdiana, S.T., M.T.

NIP. 198512092012122001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. atas segala berkat dan rahmat-Nya dalam penyusunan tugas akhir, sehingga dapat terselesaikan. Tugas akhir dengan judul **“PENINJAUAN ULANG PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS PASAR SENEN JAYA BLOK 1 DAN 2”** disusun guna melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan pada Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Orang tua (Bapak Mangsud dan Ibu Wuryati) dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
2. Ibu Asri Nurdiana, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro;
3. Bapak Sutanto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir di Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro;
4. Seluruh dosen yang ada di Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro;
5. Teman-teman yang telah memberikan motivasi dan semangat, dan
6. Semua pihak yang telah membantu sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Penulis menyadari akan ketidaksempurnaan maupun kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi insan teknik sipil khususnya dan semua pihak pada umumnya.

Semarang, Juli 2022

Penulis

HALAMAN MOTTO

“Musuh yang paling berbahaya di atas dunia ini adalah penakut dan bimbang.

Teman yang paling setia, hanyalah keberanian dan keyakinan yang teguh.”

(Andrew Jackson)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN MOTTO	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Judul Tugas Akhir	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	2
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II METODOLOGI	
2.1 Metode Pengerjaan	6

2.2 Metode Penggambaran.....	7
2.3 Metode Penulisan.....	7
2.4 Metode Analisa.....	7

BAB III PERHITUNGAN PELAT LANTAI

3.1 Uraian Umum.....	9
3.2 Pedoman Perencanaan.....	9
3.3 Dasar Perencanaan.....	10
3.4 Konsep Perhitungan Penulangan Pelat Lantai.....	12
3.5 Analisa Perencanaan Pelat Lantai.....	12
3.5.1 Menentukan Tebal Pelat Lantai.....	13
3.5.2 Menentukan Tinggi Efektif Pelat Lantai.....	16
3.5.3 Menghitung Beban Pelat Lantai.....	16
3.5.4 Menghitung Momen yang Bekerja.....	17
3.5.5 Menghitung Kebutuhan Penulangan.....	21

BAB IV PERHITUNGAN PORTAL

4.1 Dasar Peninjauan.....	27
4.2 Data Peninjauan.....	27
4.2.1 Dimensi Balok Anak.....	27
4.2.2 Dimensi Balok Induk.....	28

4.3	Menentukan Dimensi Kolom	29
4.3.1	Dimensi Kolom K1	29
4.4	Analisa Pembebanan Pada Balok	29
4.4.1	Beban Akibat Pelat Lantai	29
4.4.2	Beban Yang Bekerja Pada Balok	30
4.4.3	Pembebanan Pada Balok Anak	35
4.4.3.1	Perhitungan Balok Anak Tipe B97	35
4.4.4	Pembebanan Pada Balok Induk	47
4.4.4.1	Perhitungan Balok Induk Tipe G1F	47
4.5	Perhitungan Kolom	56
4.5.1	Perhitungan Kolom K1	56
 BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN		67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Penentuan Panjang Bentang (L).....	10
Gambar 3.2	Ilustrasi Dimensi Pelat Tipe S1 dan S4	14
Gambar 3.3	Ilustrasi Dimensi Pelat Tipe S2 dan S3	15
Gambar 3.4	Ilustrasi Tinggi Efektif Pelat Lantai Tipe S1, S2, S3, dan S4.....	16
Gambar 3.5	Ilustrasi Dimensi Pelat Lantai Tipe S1 dan S4.....	17
Gambar 3.6	Ilustrasi Dimensi Pelat Lantai Tipe S2 dan S4.....	18
Gambar 3.7	Detail Tulangan Pelat Lantai.....	26
Gambar 4.1	Detail Balok B97.....	28
Gambar 4.2	Detail Balok B34.....	28
Gambar 4.3	Detail Kolom K1	29
Gambar 4.4	Ilustrasi Pembebanan Equivalent	31
Gambar 4.5	Ilustrasi Pembebanan Trapesium.....	31
Gambar 4.6	Ilustrasi Pembebanan Segitiga	33
Gambar 4.7	Ilustrasi Pembebanan Balok Sistem Amplop.....	34
Gambar 4.8	Ilustrasi Pembebanan Balok Sistem Amplop Tipe S5	35
Gambar 4.9	Ilustrasi Momen dan Gaya Lintang	37
Gambar 4.10	Ilustrasi Pembebanan Sistem Amplop Balok Induk Tipe G1F	48
Gambar 4.11	Detail Kolom K1	56

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Minimum Pelat Satu Arah	11
Tabel 3.2	Momen yang Bekerja Pada Pelat Lantai.....	20
Tabel 4.1	Luas Penampang Tulangan Baja	41
Tabel 4.2	Luas Penampang Baja Per Meter Panjang Pelat	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Judul Tugas Akhir

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis mengangkat judul “PENINJAUAN PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS PELAT LANTAI, BALOK, DAN KOLOM PROYEK PASAR SENEN JAYA BLOK 1 DAN 2”.

1.2. Latar Belakang

Penulisan Tugas Akhir menjadi salah satu syarat bagi mahasiswa Program Studi DIII Teknik Sipil Universitas Diponegoro untuk menyelesaikan studinya. Penyusunannya dilaksanakan dengan persyaratan akademis, yakni mahasiswa telah selesai menyelesaikan laporan magang dan telah menempuh atau menyelesaikan 90 sks.

Pada masa ini, banyak ditemui proyek pembangunan gedung bertingkat seperti perkantoran, hotel, apartemen, dan rumah sakit. Hal tersebut terjadi karena meningkatnya kebutuhan masyarakat dan perkembangan teknologi. Gedung bertingkat tersebut kebanyakan menggunakan struktur beton bertulang. Karena beton bertulang dikenal dengan kelebihan antara lain tahan terhadap temperatur yang tinggi, memiliki daya tahan kuat terhadap guncangan atau gempa, dan rendah biaya pemeliharaan. Salah satunya pada Proyek Pembangunan Pasar Senen Jaya.

Berdasarkan kegiatan magang yang telah dilaksanakan pada proyek tersebut, dapat disimpulkan bahwa keberhasilan proyek dipengaruhi salah satunya oleh perencanaan struktur. Perencanaan struktur yang sesuai dengan kondisi lapangan akan memudahkan pelaksanaan dan tercapainya keberhasilan suatu proyek. Perencanaan struktur yang tepat akan menghasilkan desain struktur yang kuat, aman, dan ekonomis. Maka dari itu tugas akhir ini membahas tentang perencanaan struktur Pasar Senen Jaya Blok 1 dan 2.

Pokok bahasan dalam tugas akhir ini adalah mengenai perencanaan struktur atas yaitu balok, kolom dan pelat lantai. Dengan menggunakan metode kuat batas (*ultimate strength design*) di peraturan SNI 03-2847-2002 sebagai metode utama dalam perencanaan struktur beton bertulang.

1.3. Maksud dan Tujuan

Pada proses penyusunan tugas akhir ini, dimaksudkan agar penulis dapat merangkum dan mengaplikasikan semua pengalaman pendidikan untuk memecahkan masalah secara sistematis, logis, kritis dan kreatif, berdasarkan data yang akurat dan didukung analitis yang tepat, dan menuangkannya dalam bentuk penulisan karya ilmiah.

Secara akademis penulisan tugas akhir ini mempunyai tujuan adalah sebagai berikut :

1. Melengkapi syarat akhir kelulusan pada Program Studi Diploma III Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.

2. Melatih analisa suatu perencanaan proyek yang lebih baik yaitu dengan cara membuat suatu sistem perencanaan proyek yang efektif dan efisien dengan pengalaman yang didapat dari magang selama 90 hari.
3. Menjadi tolak ukur kemampuan dalam menyerap ilmu yang diperoleh selama perkuliahan serta mengukur kualitas, kreatifitas, dan kemampuan dalam mengembangkan gagasan serta mewujudkan secara nyata penerapan mata kuliah keteknikan secara terpadu, terencana, ilmiah dan sistematis.
4. Menambah pengalaman dalam mempersiapkan diri menghadapi pekerjaan perencanaan yang sesungguhnya.
5. Melatih dan meningkatkan kreativitas serta kemampuan dalam mengembangkan gagasan.

1.4. Pembatasan Masalah

Dalam peninjauan perhitungan struktur atas pada gedung Pasar Senen Jaya Blok 1 dan 2 penulis membatasi pembahasan yaitu:

- a. Peninjauan Pelat Lantai pada lantai dasar
- b. Peninjauan Balok pada lantai dasar
- c. Peninjauan Kolom pada lantai dasar

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dan penyajian bentuk laporan tugas akhir ini adalah dengan gambar kerja yang dituangkan dalam membagi beberapa bagian yang terdiri dari :

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan judul tugas akhir, latar belakang, maksud dan tujuan, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II METODOLOGI

Menguraikan metode pengerjaan, penggambaran dan analisa.

BAB III PENINJAUAN PELAT LANTAI

Berisi tentang uraian umum, pedoman perencanaan, dasar perencanaan, konsep perhitungan penulangan, dan analisa perencanaan pelat lantai.

BAB IV PENINJAUAN BALOK

Berisi tentang uraian umum, pedoman perencanaan, dan analisa perencanaan balok.

BAB V PENINJAUAN KOLOM

Berisi tentang uraian umum, pedoman perencanaan, dan analisa perencanaan kolom.

BAB VI PENINJAUAN TANGGA

Berisi tentang uraian umum, pedoman perencanaan, dan analisa perencanaan tangga.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi daftar literatur yang diperlukan dalam penyusunan tugas akhir.

LAMPIRAN

Berisi lampiran-lampiran penunjang dari tugas akhir ini.

BAB II

METODOLOGI

2.1. Metode Pengerjaan

Pengerjaan tugas akhir ini menggunakan metode-metode sebagai berikut:

1. Metode *Diskriptif*

Metode *diskriptif* (literatur) didapatkan dari buku-buku yang mempelajari tentang contoh-contoh analisa yang digunakan dalam perhitungan struktur. Metode literatur digunakan dalam pemecahan permasalahan yang dihadapi dalam pembuatan tugas akhir ini.

2. Metode Observasi

Metode yang berupa pengamatan yang dapat berguna dalam perolehan data untuk pengerjaan tugas akhir.

3. Metode *Interview*

Metode yang berupa wawancara langsung kepada narasumber guna mendapatkan rujukan baik data maupun tata cara perencanaan sehingga berguna dalam penyelesaian tugas akhir.

4. Metode Bimbingan

Metode bimbingan dilakukan dengan dosen mengenai masalah yang dibahas untuk mendapatkan petunjuk dalam pembuatan tugas akhir.

2.2. Metode Penggambaran

Format penggambaran tugas akhir baik berupa hasil peninjauan perencanaan maupun gambar-gambar penunjang laporan tugas akhir ini, disesuaikan dengan tata cara menggambar teknik struktur bangunan dengan menggunakan program *Auto CAD 2016*.

2.3. Metode Penulisan

Penulisan dalam tugas akhir ini menyesuaikan ejaan yang disempurnakan (EYD) dan tata cara penulisan karya ilmiah dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Office 2016*.

2.4. Metode Analisa

Pada tugas akhir ini penulis hanya menganalisa pada struktur atas saja (*upper structure*). Peninjauan struktur atas yang dimaksud adalah berupa perencanaan pelat lantai, balok dan kolom, serta struktur pendukung yaitu tangga. Pengerjaan penganalisaan dibantu dengan menggunakan program *Microsoft Excel 2016*. Pada perencanaan tersebut penulis menyesuaikan dengan peraturan berikut :

1. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI 03-2847-2002).
2. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI T-15-1991-03).

3. Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung (PPURG 1987).
4. Buku “Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang” yang disusun oleh Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon Kusuma M.Eng.
5. Perhitungan mekanika rekayasa.

BAB III

PENINJAUAN PELAT LANTAI

3.1 Uraian Umum

Pelat adalah struktur planar kaku yang secara khas terbuat dari material monolit dengan tinggi yang kecil dibandingkan dengan dimensi-dimensi lainnya. Pada perencanaan pelat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan, tetapi juga ukuran dan syarat-syarat dari peraturan yang ada (STRUKTUR, Daniel L. Schodek: hal 338). Sistem perencanaan tulangan pelat pada dasarnya dibagi menjadi 2 macam yaitu pelat satu arah (*one way slab*) dan pelat dua arah (*two way slab*). Peninjauan perencanaan pelat lantai pada gedung ini diperhitungkan dari struktur beton bertulang yang dicor secara monolit (menyatu) dengan struktur utama bangunan.

3.2 Pedoman Perencanaan

Pedoman yang digunakan dalam perhitungan perencanaan pelat lantai adalah sebagai berikut :

1. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI 03-2847-2002).
2. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK-SNI-T-15-1991-03).

3. Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung (PPURG 1987).
4. Buku “Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang” yang disusun oleh Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon Kusuma M.Eng.

3.3 Dasar Perencanaan

Pada perencanaan pelat beton bertulang, perlu diperhatikan beberapa persyaratan/ketentuan sebagai berikut :

1. Pada perhitungan pelat, lebar pelat diambil 1 meter ($b=1000$ mm)
2. Panjang bentang (L) (Pasal 10.7 SNI 03-2847-2002)

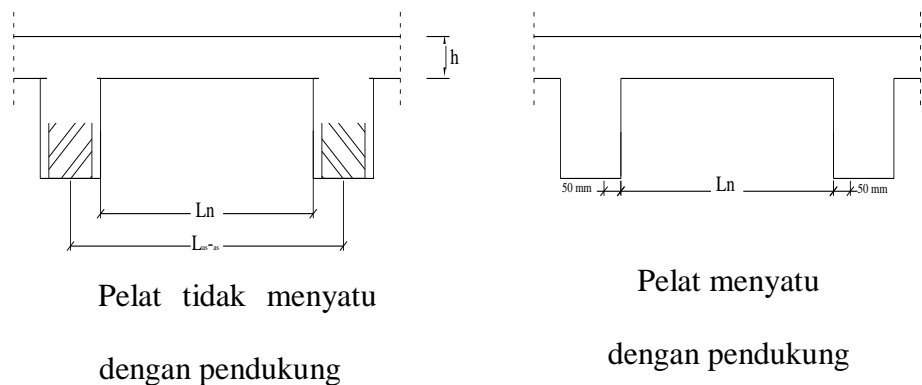
- a. Pelat yang tidak menyatu dengan struktur pendukung

$$L = L_n + h \text{ dan } L \leq L_{as-as}$$

- b. Pelat yang menyatu dengan struktur pendukung

$$\text{Jika } L_n \leq 3,0 \text{ m, maka } L = L_n$$

$$\text{Jika } L_n > 3,0 \text{ m, maka } L = L_n + (2 \times 50 \text{ mm})$$



Gambar 3. 1 Penentuan Panjang Bentang (L)

3. Tebal minimum pelat (h) (Pasal 11.5 SNI 03-2847-2002)
- a. Pelat satu arah (Pasal 11.5.2.3 SNI 03-2847-2002), tebal minimal dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. 1 Minimum Pelat Satu Arah

Komponen Struktur	Tinggi Minimal (h)			
	Dua Tumpuan	Satu ujung Menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang akan rusak karena lendutan yang besar			
Pelat Solid satu arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Balok atau pelat jalur satu arah	L/16	L/18,5	L/21	L/8

- b. Pelat dua arah (Pasal 11.5.3 SNI 03-2847-2002), tebal minimal pelat bergantung pada $\alpha_m = \alpha$ rata-rata, α adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan rumus berikut :

$$\alpha = (E_{cb}/I_b) / (E_{cp}/I_p)$$

- 1) Jika $\alpha_m < 0,2$, maka

$$h \geq 120 \text{ mm}$$

- 2) Jika $0,2 \leq \alpha_m < 2$ maka

$$h = \frac{L_n (0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5, \beta \cdot (\alpha_m - 0,2)} \text{ dan } \geq 120 \text{ mm}$$

3) Jika $\alpha_m > 2$, maka

$$h = \frac{L_n (0,8 - \frac{f_y}{1500})}{36 - 9, \beta} \text{ dan } \geq 90 \text{ mm}$$

dengan β = rasio bentang bersih pelat dalam arah memanjang dan memendek.

4. Tebal selimut beton minimal (Pasal 9.7.1 SNI 03-2847-2002)

a. Baja tulangan D \leq 36

Tebal selimut beton \geq 20 mm

b. Baja tulangan D44-D56

Tebal selimut beton \geq 20 mm- 40 mm

3.4 Konsep Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

Perhitungan penulangan ini diambil dari momen-momen yang menentukan dan dapat mewakili penulangan secara keseluruhan, untuk melakukan perhitungan penulangan pelat terlebih dahulu ditentukan ρ dari M_u / bd^2 dan ρ harus memenuhi syarat yaitu $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$. Jika ternyata ρ yang ada $< \rho_{min}$ maka digunakan ρ_{min} dan bila $\rho > \rho_{maks}$ maka harus redesain pelat. Kemudian dicari tulangan dengan rumus $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ dan ditentukan berapa diameter dan jumlah tulangan.

3.5 Analisa Perencanaan Pelat Lantai

Konstruksi gedung apartment ini menggunakan perencanaan tulangan dengan sistem pelat dua arah (*two way slab*). Pelat *two way slab*

merupakan pelat yang ditumpu oleh 4 sisi yang saling sejajar dan terdapat tulangan pokok dengan 2 arah.

Berikut adalah data-data teknis perencanaan pelat lantai :

- Tinggi Bangunan : 24 m
- Mutu Beton f_c' : 30 MPa
- Mutu Baja f_y : 420 MPa
- Beban Beton Bertulang : 2400 kg/m³

3.5.1 Menentukan Tebal Pelat Lantai

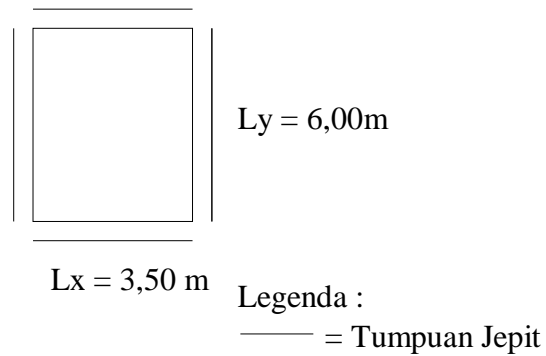
Dalam penentuan tebal pelat lantai, penulis mengikuti Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SK-SNI-T-15-1991-03) pasal 3.2.5.3 ayat (3) yang menjelaskan bahwa tebal pelat lantai dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$h_{\min} = \text{Ln} (0,8 + (f_y/1500)) \cdot / (36 + (9 \times \beta))$$

$$h_{\max} = \text{Ln} (0,8 + (f_y/1500)) / 36$$

Sehingga dengan demikian tebal pelat lantai dapat dihitung sebagai berikut:

a. Pelat Lantai Tipe S1 dan S4



Gambar 3.2 Ilustrasi Dimensi Plat Tipe S1 dan S4

L_n = panjang bentang memanjang

L_n = L_y (Pasal 10.7 SNI 03-2847-2002)

$$= 600 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x}$$

$$= \frac{600}{350} \text{ cm}$$

$$= 1,71 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = L_n \frac{\left(0,8 + \left(\frac{f_y}{1500}\right)\right)}{(36 + (9 \times \beta))}$$

$$= 600 \frac{\left(0,8 + \left(\frac{420}{1500}\right)\right)}{(36 + (9 \times 1,71))}$$

$$= 12,609 \text{ cm}$$

$$h_{\max} = L_n \frac{\left(0,8 + \left(\frac{f_y}{1500}\right)\right)}{36}$$

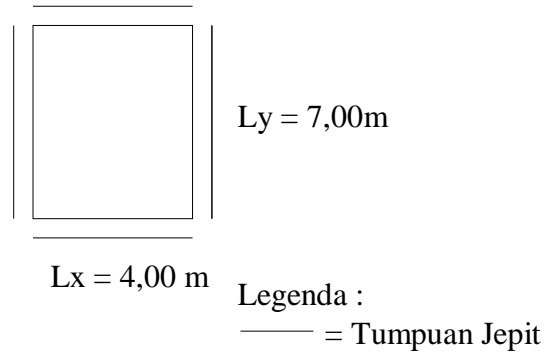
$$= 700 \frac{\left(0,8 + \left(\frac{420}{1500}\right)\right)}{36}$$

$$= 18,000 \text{ cm}$$

Karena $12,609 < h < 18,000\text{cm}$ atau $h_{\min} < h < h_{\max}$,

Maka, tebal pelat lantai yang digunakan adalah 150 mm.

b. Pelat Lantai Tipe S2 dan S3



Gambar 3.3 Ilustrasi Dimensi Plat Tipe S2 dan S3

L_n = panjang bentang memanjang

L_n = L_y (Pasal 10.7 SNI 03-2847-2002)

$$= 700 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x}$$

$$= \frac{700}{400} \text{ cm}$$

$$= 1,75 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = L_n \frac{\left(0,8 + \left(\frac{f_y}{1500}\right)\right)}{(36 + (9 \times \beta))}$$

$$= 700 \frac{\left(0,8 + \left(\frac{420}{1500}\right)\right)}{(36 + (9 \times 1,75))}$$

$$= 14,608 \text{ cm}$$

$$h_{\max} = L_n \frac{\left(0,8 + \left(\frac{f_y}{1500}\right)\right)}{36}$$

$$= 700 \frac{\left(0,8 + \left(\frac{420}{1500}\right)\right)}{36}$$

$$= 21,000 \text{ cm}$$

Karena $14,608 \text{ cm} < h < 21,000 \text{ cm}$ atau $h_{\min} < h < h_{\max}$,

Maka, tebal pelat lantai yang digunakan adalah 150 mm

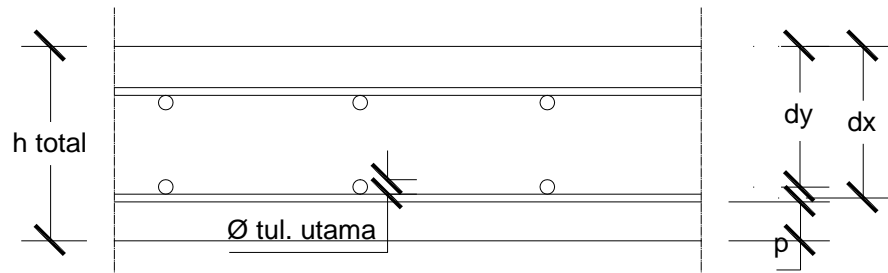
3.5.2 Menentukan Tinggi Efektif Pelat Lantai

a. Pelat Lantai Tipe S1, S2, S3 dan S4

Tebal penutup beton (p) = 20 mm

Ø tulangan utama = 10 mm

Tebal Pelat = 150 mm



Gambar 3.4 Ilustrasi Tinggi Efektif Pelat Lantai Tipe S1, S2, S3 dan S4

$$\begin{aligned} d \text{ efektif } x &= h - p - 0,5 \text{ Ø} \\ &= 150 - 20 - 0,5(10) \\ &= 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d \text{ efektif } y &= h - p - \frac{1}{2} \text{ Ø} - 1 \text{ Ø} \\ &= 150 - 20 - 5 - 10 \\ &= 115 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.5.3 Menghitung Beban Pelat Lantai

1. Tipe S1, S2, S3 dan S4

Beban Mati (W_D)..... (PPPURG – 1987 Tabel 1)

- ✓ Berat sendiri plat = $0.15 \times 24 = 3,6 \text{ KN/m}^2$
- ✓ Plafond + Penggantung = $0.20 \times 1 = 0,20 \text{ KN/m}^2$

✓ Spesi	$= 0.02 \times 21$	$= 0,42 \text{ KN/m}^2$
✓ Berat Keramik	$= 0.01 \times 24$	$= 0,24 \text{ KN/m}^2$
	W_D	$= 4,46 \text{ KN/m}^2$

Beban Hidup (W_L)..... (PPPURG – 1987 Tabel 2)

$$W_L = 2,50 \text{ KN/m}^2$$

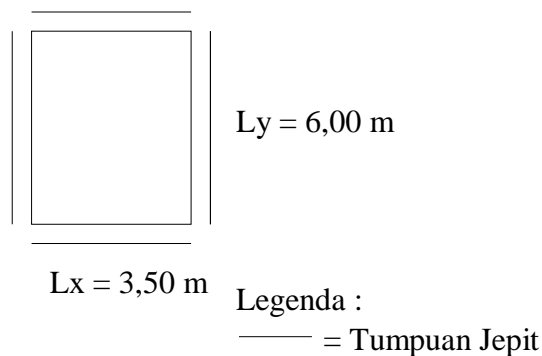
Beban Berfaktor (W_U)..... (SNI 03-2847-2002 Pasal 11.2-1)

$$\begin{aligned}
 W_U &= 1.2 W_D + 1,6 W_L \\
 &= (1.2 \times 4,46) + (1,6 \times 2,50) \\
 &= 9,352 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

3.5.4 Menghitung Momen yang Bekerja

Momen penentu yang bekerja pada pelat berdasar CUR 4 tabel 4.2.b

1. Tipe S1 dan S4



Gambar 3.5 Ilustrasi Dimensi Pelat Lantai Tipe S1 dan S4

Dari table Gedeon didapat :

$$C = \frac{l_y}{l_x} = \frac{6,00}{3,50} = 1,71$$

Clx = 53	Ctx = 81
----------	----------

Cly = 15	Cty = 54
----------	----------

Dengan koefisien $W_U = 9,352 \text{ KN/m}^2$

Momen yang terjadi :

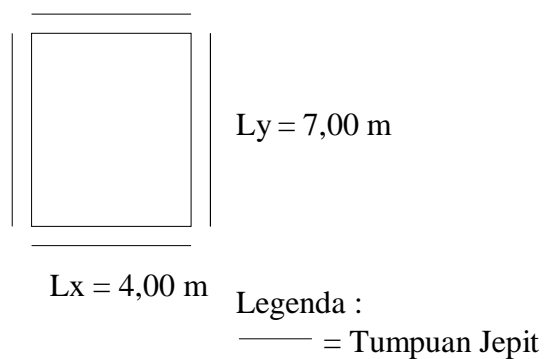
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0.001 \times W_U \times lx^2 \times C \\ &= 0.001 \times 9,352 \times 3,50^2 \times 53 \\ &= 6,072 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0.001 \times W_U \times lx^2 \times C \\ &= 0.001 \times 9,352 \times 3,50^2 \times 15 \\ &= 1,718 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 0.001 \times W_U \times lx^2 \times C \\ &= 0.001 \times 9,352 \times 3,50^2 \times 81 \\ &= 9,279 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= 0.001 \times W_U \times lx^2 \times C \\ &= 0.001 \times 9,352 \times 3,50^2 \times 54 \\ &= 6,186 \text{ KNm} \end{aligned}$$

2. Tipe S2 dan S4



Gambar 3.6 Ilustrasi Dimensi Pelat Lantai Tipe S2 dan S4

Dari table Gedeon didapat : $C = \frac{I_y}{I_x} = \frac{7,00}{4,00} = 1,75$

$$Clx = 53 \qquad Ctx = 81$$

$$Cly = 15 \qquad Cty = 54$$

Dengan koefisien $W_U = 9,532 \text{ KN/m}^2$

Momen yang terjadi :

$$Mlx = 0.001 \times W_U \times lx^2 \times C$$

$$= 0.001 \times 9,352 \times 4,00^2 \times 53$$

$$= 7,930 \text{ KNm}$$

$$Mly = 0.001 \times W_U \times lx^2 \times C$$

$$= 0.001 \times 9,352 \times 4,00^2 \times 15$$

$$= 2,244 \text{ KNm}$$

$$Mtx = 0.001 \times W_U \times lx^2 \times C$$

$$= 0.001 \times 9,352 \times 4,00^2 \times 81$$

$$= 12,120 \text{ KNm}$$

$$Mty = 0.001 \times W_U \times lx^2 \times C$$

$$= 0.001 \times 9,352 \times 4,00^2 \times 54$$

$$= 8,080 \text{ KNm}$$

Tabel 3.2 Momen yang Bekerja pada Plat Lantai

Tipe Pelat		$W_u.Lx^2$	M_{lx}	M_{ly}	M_{tx}	M_{ty}
		kN	KNm	kNm	kNm	kNm
Tipe S1	Lx = 3500 mm Ly = 6000 mm Ly/Lx = 1,71	114,562	6,072	1,718	9,279	6,186
Tipe S2	Lx = 4000 mm Ly = 7000 mm Ly/Lx = 1,75	149,632	7,930	2,244	12,120	8,080
Tipe S3	Lx = 3500 mm Ly = 6000 mm Ly/Lx = 1,71	114,562	6,072	1,718	9,279	6,186
Tipe S4	Lx = 4000 mm Ly = 7000 mm Ly/Lx = 1,75	149,632	7,930	2,244	12,120	8,080

Jadi momen yang dipakai (terbesar):

- a. $M_{lx} = 7,930 \text{ kNm}$
- b. $M_{ly} = 2,244 \text{ kNm}$
- c. $M_{tx} = 9,279 \text{ kNm}$
- d. $M_{ty} = 6,186 \text{ kNm}$

e. Tinggi efektif

$$\begin{aligned} dx &= h - p - \frac{1}{2} \phi \\ &= 150 - 20 - \frac{1}{2} \times 10 = 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - p - \frac{1}{2} \phi - 1\phi \\ &= 150 - 20 - 5 - 10 = 115 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{dx} &= 0,8 \times dx \\ &= 0,8 \times 125 = 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Jdy &= 0,8 \times dy \\ &= 0,8 \times 115 = 92 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. } \rho \text{ minimum} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{420} = 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g. } \rho \text{ balance} &= \frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1 \times 600}{(600 + f_y) \times f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 600}{(600 + 420) \times 420} = 0,030 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{h. } \rho \text{ maksimum} &= 0,75 \times \rho \text{ balance} \\ &= 0,75 \times 0,030 = 0,022 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{i. } A_s \text{ minimum} &= \rho \text{ minimum} \times b \times d \\ &= 0,003 \times 1000 \times 125 = 375 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{j. } A_s \text{ maksimum} &= \rho \text{ maksimum} \times b \times d \\ &= 0,022 \times 1000 \times 125 = 2750 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

3.5.5 Menghitung Kebutuhan Penulangan

1. Tulangan Lapangan Arah X

$$M_{lx} = M_u = 7,930 \text{ kNm}$$

$$M_{n1} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{7,930}{1,0} = 7,930 \text{ kNm}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_{n1}}{f_y \times J_{dx}} = \frac{7,930 \times 10^6}{420 \times 100} = 188,809 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 375 \text{ mm}^2$$

Jadi A_s yang dipakai sebesar 380 mm^2

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{380 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000} = 6,258 \text{ mm}$$

$$\rho_{pakai} = \frac{As}{b \times d} = \frac{380}{1000 \times 125} = 0,00304$$

ρ pakai (0,00304) > ρ min (0,003) jadi yang dipakai adalah ρ pakai

$$Mn2 = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 380 \times 420 \times \left(125 - \frac{6,258}{2}\right) = 19,450 \text{ kNm}$$

$$Mn1 \leq Mn2$$

$$7,930 \text{ kNm} \leq 19,450 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK!}$$

$$Mu1 \leq \phi Mn2$$

$$7,930 \text{ kNm} \leq 1,0 \times 19,450 \text{ kNm}$$

$$7,930 \text{ kNm} \leq 19,450 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK!}$$

$$As \text{ tul} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Banyak tulangan (n)} = \frac{As \text{ pakai}}{As \text{ tul}} = \frac{380 \text{ mm}^2}{78,5 \text{ mm}^2} = 4,841 \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Jadi Tulangan yang digunakan adalah Ø 10-200

2. Tulangan Lapangan Arah Y

$$Mly = Mu = 2,244 \text{ kNm}$$

$$Mn1 = \frac{Mu}{\phi} = \frac{2,244}{1,0} = 2,244 \text{ kNm}$$

$$As \text{ perlu} = \frac{Mn1}{fy \times jd_y} = \frac{2,244 \times 10^6}{420 \times 92} = 58,074 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = 375 \text{ mm}^2$$

Jadi As yang dipakai sebesar 380 mm²

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{380 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000} = 6,258 \text{ mm}$$

$$\rho_{pakai} = \frac{As}{b \times d} = \frac{380}{1000 \times 115} = 0,0033$$

ρ pakai (0,0033) > ρ min (0,003) jadi yang dipakai adalah ρ pakai

$$Mn2 = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 380 \times 420 \times \left(115 - \frac{6,258}{2}\right) = 17,854 \text{ kNm}$$

$$Mn1 \leq Mn2$$

$$2,244 \text{ kNm} \leq 17,854 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK!}$$

$$Mu1 \leq \phi Mn2$$

$$2,244 \text{ kNm} \leq 1,0 \times 17,854 \text{ kNm}$$

$$2,244 \text{ kNm} \leq 17,854 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK!}$$

$$As \text{ tul} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Banyak tulangan (n)} = \frac{As \text{ pakai}}{As \text{ tul}} = \frac{380 \text{ mm}^2}{78,5 \text{ mm}^2} = 4,841 \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Jadi Tulangan yang digunakan adalah Ø 10-200

3. Tulangan Tumpuan Arah X

$$Mtx = Mu = 12,120 \text{ kNm}$$

$$Mn1 = \frac{Mu}{\phi} = \frac{12,120}{1,0} = 12,120 \text{ kNm}$$

$$As \text{ perlu} = \frac{Mn1}{fy \times Jdx} = \frac{12,120 \times 10^6}{420 \times 100} = 288,571 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 375 \text{ mm}^2$$

Jadi A_s yang dipakai sebesar 380 mm^2

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{380 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000} = 6,258 \text{ mm}$$

$$\rho_{pakai} = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{380}{1000 \times 125} = 0,00304$$

ρ pakai ($0,00304$) > ρ min ($0,003$) jadi yang dipakai adalah ρ pakai

$$M_n2 = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 380 \times 420 \times \left(125 - \frac{6,258}{2}\right) = 19,450 \text{ kNm}$$

$$M_n1 \leq M_n2$$

$$12,120 \text{ kNm} \leq 19,450 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK!}$$

$$M_u1 \leq \phi M_n2$$

$$12,120 \text{ kNm} \leq 1,0 \times 19,450 \text{ kNm}$$

$$12,120 \text{ kNm} \leq 19,450 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK!}$$

$$A_s \text{ tul} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Banyak tulangan (n)} = \frac{A_s \text{ pakai}}{A_s \text{ tul}} = \frac{380 \text{ mm}^2}{78,5 \text{ mm}^2} = 4,81 \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Jadi Tulangan yang digunakan adalah \emptyset 10-200

4. Tulangan Tumpuan Arah Y

$$M_{ty} = M_u = 8,080 \text{ kNm}$$

$$Mn1 = \frac{Mu}{\phi} = \frac{8,080}{1,0} = 8,080 \text{ kNm}$$

$$As \text{ perlu} = \frac{Mn1}{fy \times Jdy} = \frac{8,080 \times 10^6}{420 \times 92} = 209,109 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = 375 \text{ mm}^2$$

Jadi As yang dipakai sebesar 380 mm²

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{380 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000} = 6,258 \text{ mm}$$

$$\rho_{pakai} = \frac{As}{b \times d} = \frac{380}{1000 \times 115} = 0,0033$$

ρ pakai (0,0033) > ρ min (0,003) jadi yang dipakai adalah ρ pakai

$$Mn2 = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 380 \times 420 \times \left(115 - \frac{6,258}{2}\right) = 17,854 \text{ kNm}$$

$$Mn1 \leq Mn2$$

$$8,080 \text{ kNm} \leq 17,854 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK!}$$

$$Mu1 \leq \phi Mn2$$

$$8,080 \text{ kNm} \leq 1,0 \times 17,854 \text{ kNm}$$

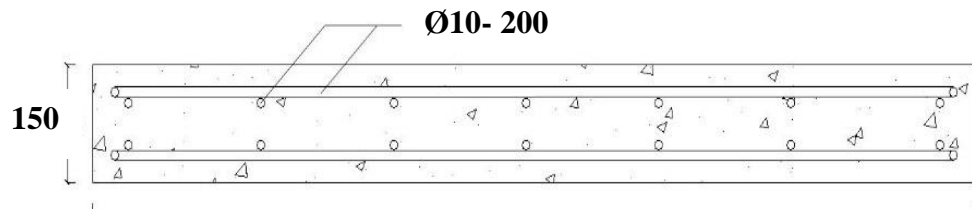
$$8,080 \text{ kNm} \leq 17,854 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK!}$$

$$As \text{ tul} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Banyak tulangan (n)} = \frac{As \text{ pakai}}{As \text{ tul}} = \frac{380 \text{ mm}^2}{78,5 \text{ mm}^2} = 4,81 \approx 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan (s)} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Jadi Tulangan yang digunakan adalah $\text{Ø } 10-200$



Gambar 3.7 Detail Tulangan Pelat Lantai

BAB IV

PERHITUNGAN PORTAL

4.1 Dasar Peninjauan

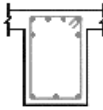
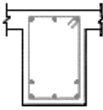
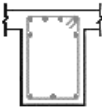
Struktur Portal adalah struktur yang terdiri dari balok dan kolom yang dibebani muatan di atasnya, akibatnya akan timbul lenturan pada balok saja, dan akan meneruskan gaya-gaya tersebut ke kolom berupa gaya normal. Balok pada sistem demikian sama dengan balok sederhana. Adapun gaya yang bekerja pada kolom yang lazimnya berupa gaya horisontal, tidak berpengaruh pada balok.

4.2 Data Peninjauan

4.2.1 Dimensi Balok Anak

Data yang digunakan :

- Ø tulangan utama = 19 mm
- Ø tulangan Sengkang = 10 mm
- Tebal selimut beton = 25 mm
- Ukuran Balok S5 = 350 x 600 mm

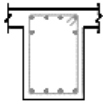

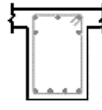
TIPE BALOK LANTAI	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
B97			
DIMENSI	350X600	350X600	350X600
TULANGAN ATAS	6 D19	3 D19	6 D19
TULANGAN BAWAH	3 D19	5 D19	3 D19
SENGKANG	D10 -200	D10 -200	D10 -200
TULANGAN SISI	-	-	-

Gambar 4. 1 Detail Balok B97

4.2.2 Dimensi Balok Induk

Data yang digunakan :

- \varnothing tulangan utama = 25 mm
- \varnothing tulangan Sengkang = 10 mm
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Ukuran Balok G1F = 400 x 700 mm

TIPE BALOK LANTAI	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
B34			
DIMENSI	400X700	400X700	400X700
TULANGAN ATAS	6 D25	4 D25	5 D25
TULANGAN BAWAH	4 D25	4 D25	4 D25
SENGKANG	D10 -150	D10 -150	D10 -150
TULANGAN SISI	-	-	-

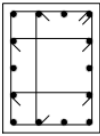
Gambar 4. 2 Detail Balok B34

4.3 Menentukan Dimensi Kolom

4.3.1 Dimensi kolom K1

Data umum perencanaan :

- Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu Baja (f_y) = 420 MPa
- Tulangan Pokok = D13
- Ukuran Rencana Kolom = 600 X 800 mm

LANTAI	ELEVASI	MUTU BETON f_c (MPa)	TIPE TULANGAN	K1
LT. ATAP	SFL.+11.950	30		
			DIMENSI	600 / 800
			TUL.	14 D25
			SENGKANG	D13-100
			T I E S	V H
LT. 1	SFL.+3.950			

Gambar 4. 3 Detail Kolom K1

4.4 Analisa Pembebanan Pada Balok

4.4.1 Beban Akibat Pelat Lantai

Plat Lantai Tipe S1, S2, S3 dan S4

➤ **Beban Mati (W_D)** (PPPURG – 1987 Tabel 1)

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Berat sendiri plat} &= \text{Tebal Plat} \times \text{BJ Beton} \times b \\
 &= 0,15 \times 24 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m} \\
 &= 3,6 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

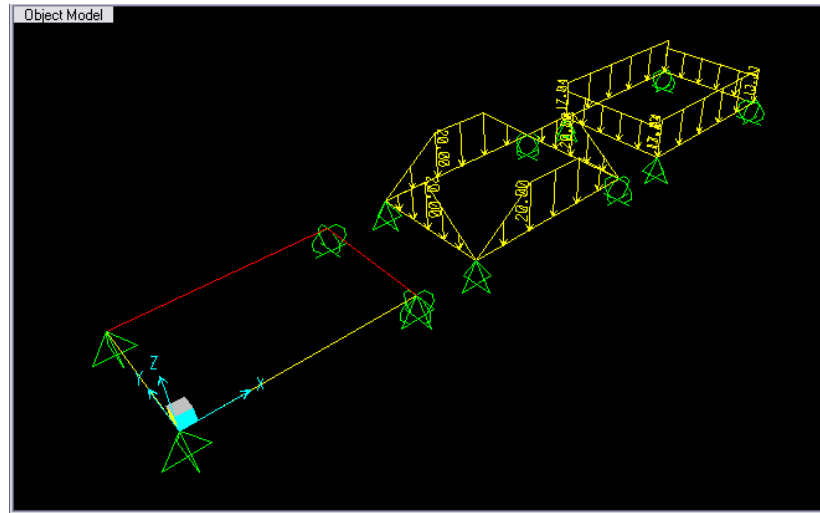
$$\begin{aligned}
2) \text{ Berat Spesi} &= \text{Tebal Spesi} \times \text{BJ spesi} \times b \\
&= 0,02 \times 21 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m} \\
&= 0,42 \text{ KN/m}^2 \\
3) \text{ Berat Keramik} &= \text{Tebal Keramik} \times \text{BJ Keramik} \times b \\
&= 0,01 \times 24 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m} \\
&= 0,24 \text{ KN/m}^2 \\
4) \text{ Berat Plafond} &= (\text{BJ Plafond} + \text{BJ Penggantung}) \times 1 \\
&= 0,20 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m} \\
&= 0,20 \text{ KN/m}^2 \\
\text{➤ Berat Total } W_D &= \text{Berat sendiri plat} + \text{Berat spesi} + \\
&\quad \text{Berat keramik} + \text{Berat Plafond} \\
&= 3,6 + 0,42 + 0,24 + 0,20 \\
&= 4,46 \text{ KN/m}^2 \\
\text{➤ Beban Hidup } (W_L) \text{ (PPPURG -1987 TABEL 2)} \\
W_L &= 2,50 \text{ KN/m}^2 \\
\text{➤ Beban Terfaktor } (W_U) \text{ (SNI 03- 2847-2002 Pasal 11.2-1)} \\
W_U &= 1.2 W_D + 1 W_L \\
&= (1.2 \times 4,46) + (2.5) \\
&= 9,352 \text{ KN/m}^2
\end{aligned}$$

4.4.2 Beban Yang Bekerja Pada Balok

- Perhitungan Lebar Equivalent

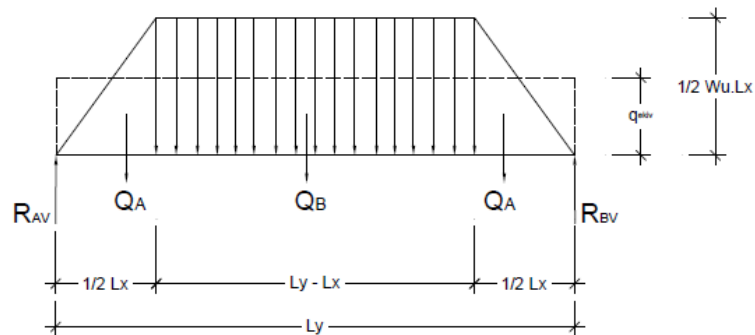
Prinsip perhitungan ini untuk mengubah beban segitiga dan beban trapesium yang ada di plat menjadi beban merata pada balok, maka

beban plat harus diubah menjadi beban equivalent yang besarnya dapat ditentukan sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Ilustrasi Pembebanan Equivalent

1. Lebar Equivalent Tipe II



Gambar 4. 5 Ilustrasi Pembebanan Trapesium

Dimana :

$$R_{av} = R_{bv} = q \cdot (1-a)/2 \qquad q = \frac{1}{2} W_u \cdot L_x$$

$$I = I_y \qquad a = \frac{1}{2} L_x$$

Maka :

$$R_A = R_B = \frac{\frac{1}{2} W_u \cdot L_x \left(L_y - \frac{1}{2} L_x \right)}{2}$$

$$= \frac{1}{8} \cdot W_u \cdot L_x \cdot (2l_y - L_x)$$

$$M_{\max} = \frac{a}{24} \cdot W_u \cdot (3 \cdot L_y^2 - 4 a^2)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot W_u \cdot L_x \cdot (3 \cdot L_y^2 - 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot L_x^2) / 24$$

$$= \frac{1}{48} \cdot W_u \cdot L_x \cdot (3 \cdot L_y^2 - L_x^2)$$

M max persegi = M max trapezium

$$\frac{1}{8} \cdot Q_{ek} \cdot I_y^2 = \frac{1}{48} \cdot W_u \cdot L_x \cdot (3 \cdot L_y^2 - L_x^2)$$

$$\boxed{L_{eq} = \frac{1}{6} L_x \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{L_x}{2 \cdot L_y} \right)^2 \right]}$$

Keterangan :

Q_{ek} = Distribusi pembebanan equivalen

I_y = Momen Inersia di y

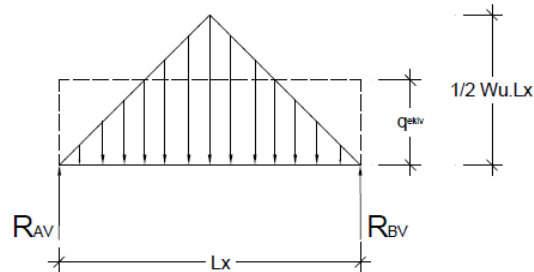
W_u = Beban terfaktor

L_x = Panjang bentang posisi x

L_y = Panjang bentang posisi y

L_{eq} = lebar equivalen

2. Lebar Equivalent Tipe II



Gambar 4. 6 Ilustrasi Pembebanan Segitiga

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{2} \cdot [(q \cdot Lx \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}) + (q \cdot Lx \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2})] \\
 &= \frac{1}{2} \cdot [(q \cdot Lx \cdot \frac{1}{4}) + (q \cdot Lx \cdot \frac{1}{4})] \\
 &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot Lx
 \end{aligned}$$

Jika $q = \frac{1}{2} \cdot Wu \cdot Lx$, maka :

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{4} (\frac{1}{2} Wu \cdot Lx) \cdot Lx \\
 &= \frac{1}{8} Wu \cdot Lx^2
 \end{aligned}$$

Maka segitiga ditengah bentang :

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot Lx - [(q \cdot Lx \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}) \cdot (Lx \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3})] \\
 &= R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot Lx - \left[\left(\frac{q \cdot Lx^2}{24} \right) \right]
 \end{aligned}$$

Jika $R_A = \frac{1}{8} \cdot Wu \cdot Lx^2$ dan $q = \frac{1}{2} Wu \cdot Lx$, maka :

$$M_{max} = (\frac{1}{8} Wu \cdot Lx^2) \cdot \frac{1}{2} Lx - (\frac{1}{2} Wu \cdot Lx - \frac{Lx^2}{24})$$

$$= \frac{1}{16} W_u \cdot Lx^3 - \frac{1}{48} W_u \cdot Lx^3$$

$$M_{\max} = \frac{1}{24} W_u \cdot Lx^3$$

Beban segitiga tersebut diekuivalensi menjadi beban persegi sehingga :

$$M_{\max} = \frac{1}{8} q_{\text{eq}} \cdot Lx^2$$

M_{\max} segitiga = M_{\max} persegi

$$\frac{1}{24} W_u \cdot Lx^3 = \frac{1}{8} q_{\text{eq}} \cdot Lx^2$$

$$L_{\text{eq}} = \frac{1}{3} Lx$$

Keterangan

M_{\max} = Momen maksimum

R_A = Reaksi pada tumpuan A

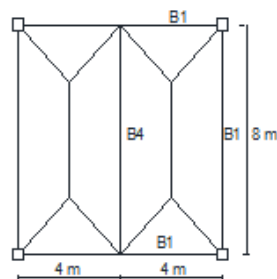
R_B = Reaksi pada tumpuan B

W_u = Beban Terfaktor

Lx = Lebar posisi di x

Perhitungan pembebanan balok menggunakan system amplop, pembebanan

balok yang ditinjau pada lantai basement sebagai berikut :

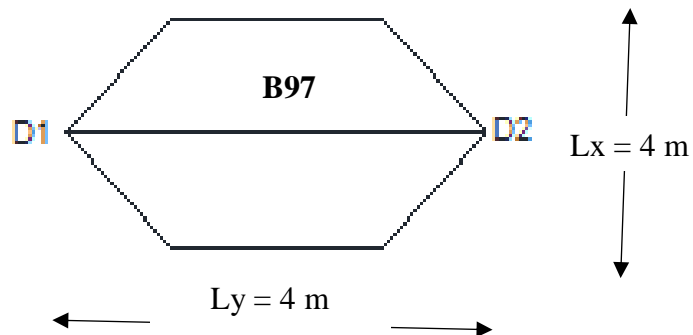


Gambar 4. 7 Ilustrasi Pembebanan Balok Sistem Amplop

4.4.3 Pembebanan Pada Balok Anak

Data yang digunakan :

- \emptyset tulangan utama = 19 mm
- \emptyset tulangan Sengkang = 10 mm
- Tebal selimut beton = 25 mm
- Ukuran Balok S5 = 350 x 600 mm



Gambar 4. 8 Ilustrasi Pembebanan Sistem Amplop Balok Anak Tipe S5

$L_x = 4\text{ m}$; $L_y = 4\text{ m}$

4.4.3.1 Perhitungan Balok Anak Tipe B97

A. Perhitungan Pembebanan

1. Menghitung Beban Equivalent

- Lebar Equivalent Trapesium Atas

$L_x = 4\text{ m}$; $L_y = 4\text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{Leq } D_1 &= \frac{1}{6} L_x \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{L_x}{2 \cdot L_y} \right)^2 \right] \\ &= \frac{1}{6} (4) \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{4}{2 \times 4} \right)^2 \right] \\ &= 1,333\text{ m} \end{aligned}$$

- Lebar Equivalent Trapesium Bawah

$$L_x = 4 \text{ m} ; L_y = 4 \text{ m}$$

$$\text{Leq D2} = \frac{1}{6} L_x$$

$$= \frac{1}{6} (4) \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{4}{2 \times 4} \right)^2 \right]$$

$$= 1,333 \text{ m}$$

- $\text{Leq} = \text{Leq D1} + \text{Leq D2}$

$$= 1,333 \text{ m} + 1,333 \text{ m}$$

$$= 2,666 \text{ m}$$

2. Menghitung Beban Hidup, Beban Mati, dan Terfaktor

- Beban Mati (qD)

$$\text{Berat sendiri balok} = b \times (h - \text{tebal plat}) \times \text{BJ beton}$$

$$= 0,35 \times (0,60 - 0,15) \times 2400$$

$$= 378 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Plat} = (\text{Leq D1} + \text{Leq D2}) \times 600$$

$$= (1,333 + 1,333) \times 600$$

$$= 1600 \text{ kg/m}$$

$$\textbf{TOTAL} = \text{Berat sendiri balok} + \text{Beban plat}$$

$$= 378 \text{ kg/m} + 1600 \text{ kg/m}$$

$$= 1978 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup (qL)

$$\textbf{qL} = \text{Leq} \times \text{beban hidup yang dipakai}$$

$$= 2,666 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$$

$$= 666,5 \text{ kg/m}$$

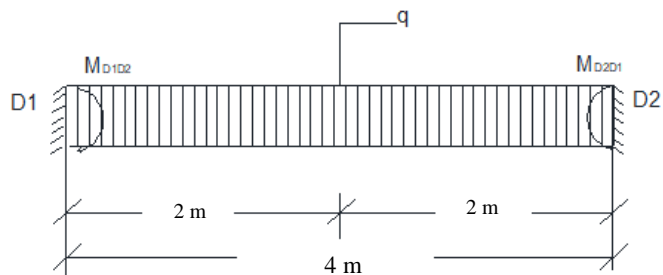
- Beban terfaktor (q_U)

$$q_U = 1,2 q_D + 1 q_L$$

$$= 1,2 (1978) + (666,5)$$

$$= 3040,1 \text{ kg/m}$$

B. Menghitung Momen dan Gaya Lintang



Gambar 4. 9 Ilustrasi Momen dan Gaya Lintang

- M tumpuan $= \frac{1}{12} \times q_u \times L^2$
 $= \frac{1}{12} \times 3040,1 \text{ kg/m} \times (4 \text{ m})^2$
 $= 4053,466 \text{ kgm} = 39,7509 \text{ kNm}$
- M lapangan $= \frac{1}{24} \times q_u \times L^2$
 $= \frac{1}{24} \times 3040,1 \text{ kg/m} \times (4 \text{ m})^2$
 $= 2026,733 \text{ kgm} = 19,8754 \text{ kNm}$
- $W_u = q_u \times L$
 $= 3040,1 \text{ kg/m} \times 4 \text{ m}$
 $= 12160,4 \text{ kgm}$

- $$V_u = \frac{1}{2} \times W_u \times L$$

$$= \frac{1}{2} \times 12160,4 \text{ kg} \times 4 \text{ m}$$

$$= 24320,8 \text{ kgm} = 238,5055 \text{ kNm}$$

Keterangan :

M : Momen

W_u : Beban terfaktor

V_u : Gaya Geser Terfaktor pada penampang

C. Menghitung Jumlah Tulangan Utama dan Tulangan Sengkang

Data yang diperlukan :

- Ukuran Balok = 350 x 600 mm
- D tulangan utama = 19 mm
- D tulangan sengkang = 10 mm
- Tebal selimut beton (p) = 25 mm
- d = $h - p - \text{Ø sengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan utama}$
 $= 600 - 25 - 10 - \frac{1}{2} (19)$
 $= 555,5 \text{ mm}$

Keterangan :

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

➤ **Menghitung Tulangan Tumpuan**

- $\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$
 $= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{420} \times \frac{600}{600 + 420}$
 $= 0,030357$
- $\rho_{\max} = 0,5 \rho_b$
 $= 0,5 \times 0,030357$
 $= 0,0151785$
- $A_{s1} = \rho \times b \times d$
 $= 0,0151785 \times 350 \times 555,5$
 $= 295,108 \text{ mm}$
- $a = \frac{A_{s1} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$
 $= \frac{295,108 \times 420}{0,85 \times 30 \times 350}$
 $= 13,887$
- $M_{n1} = A_{s1} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$
 $= 295,108 \times 420 \times \left(555,5 - \frac{13,887}{2}\right) \times 10^{-6}$
 $= 67,9910 \text{ kN.m}$
- $M_{u1} = \phi_{\text{tulangan}} \times M_{n1}$
 $= 0,019 \times 67,9910$
 $= 1,2918 \text{ kN.m}$
- $M_{n2} = \frac{M_{\text{tump}} - M_{u1}}{0,8}$

$$= \frac{39,750 - 1,2918}{0,8}$$

$$= 48,0727 \text{ kN.m}$$

$$d' = \text{tebal selimut beton} + \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan}$$

$$= 25 \text{ mm} + \frac{1}{2}(19) \text{ mm}$$

$$= 34,5 \text{ mm}$$

$$\bullet f_s = \left(1 - \left(\frac{d'}{d} \right) \times \left(\frac{600 + f_y}{600} \right) \right) \times 600$$

$$= \left(1 - \left(\frac{34,5}{555,5} \right) \times \left(\frac{600 + 420}{600} \right) \right) \times 600$$

$$= 536,658 \text{ MPa}$$

$$f_s \geq f_y$$

$$536,658 \text{ MPa} \geq 420 \text{ MPa} \dots\dots\dots\text{OK}$$

$$\bullet A_{s2} = \frac{M_{n2} \times 10^6}{f_y \times (d - d')}$$

$$= \frac{48,0727 \times 10^6}{420 \times (555,5 - 34,5)}$$

$$= 219,690 \text{ mm}^2$$

$$\bullet A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$= 295,108 + 219,690$$

$$= 514,798 \text{ mm}^2$$

Keterangan :

f_s = Tegangan dalam baja tulangan pada beban kerja

A_s = Luas Penampang tulangan tarik

M_n = Momen nominal

M_u = Momen terfaktor pada penampang

ρ_b = rasio penulangan kesembangan

ρ_{max} = batas maksimum rasio penulangan

a = Tinggi blok tegangan tekan persegi equivalen

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

Tabel 4.1 Luas Penampang Tulangan Baja

**TABEL A-4
LUAS PENAMPANG TULANGAN BAJA**

diameter batang (mm)	Luas Penampang (mm ²)								
	Jumlah Batang								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	28,3	56,6	84,9	113,1	141,4	169,6	197,9	226,2	254,5
8	50,3	100,6	150,9	201,1	251,4	301,6	351,9	402,2	452,4
9	63,6	127,2	190,8	254,5	318,1	381,6	445,2	509,0	572,6
10	78,5	157,0	235,6	314,2	392,7	471,2	549,8	628,3	706,9
12	113,1	226,2	339,3	452,4	565,5	678,6	791,7	904,8	1017,9
13	132,7	265,4	398,2	630,9	663,7	796,4	929,1	1061,8	1194,6
14	154,0	308,0	462,0	616,0	770,0	924,0	1078,0	1232,0	1386,0
16	201,1	402,2	603,2	804,2	1005,3	1206,4	1407,4	1608,5	1809,5
18	254,5	509,0	763,4	957,9	1272,4	1526,8	1781,3	2035,8	2290,2
19	283,5	567,0	850,5	1134,0	1417,5	1701,0	1984,5	2268,0	2551,5
20	314,2	628,4	942,5	1256,6	1570,8	1885,0	2199,1	2513,3	2827,4
22	380,1	760,2	1140,4	1520,5	1900,7	2280,8	2660,9	3041,0	3421,2
25	490,9	981,8	1472,6	1963,5	2454,8	2945,2	3436,1	3927,0	4418,1
28	615,7	1231,5	1847,3	2463,0	3078,7	3694,6	4310,3	4926,0	5541,7
29	660,5	1321,0	1981,6	2642,1	3302,6	3963,2	4623,7	5284,0	5944,5
32	804,3	1608,6	2412,8	3217,0	4021,3	4825,5	5629,8	6434,0	7238,3
36	1017,9	2035,8	3053,6	4071,5	5089,4	6107,2	7125,1	8143,0	9160,9
40	1256,6	2513,3	3769,9	5026,6	6283,2	7539,8	8796,6	10053	11309
50	1963,5	3927,0	5890,5	7854,0	9817,5	11781	13745	15708	17672

Untuk menentukan jumlah tulangan yang dipakai apabila menggunakan tulangan D19, maka di dapat :

➤ **Tulangan Tarik :**

$$n = \frac{As}{0,25 \times \pi \times D^2}$$

$$= \frac{514,798}{0,25 \times 3,14 \times 19^2}$$

$$= 1,8167 \approx 2 \text{ tulangan}$$

Jadi tulangan tarik tumpuan yang digunakan :

2 D19 $As = 567,0 \text{ mm}^2$; **Tabel 4.1**

➤ **Tulangan Tekan :**

$$n = \frac{As2}{0,25 \times \pi \times D^2}$$

$$= \frac{219,690}{0,25 \times 3,14 \times 19^2}$$

$$= 0,775 \approx 1 \text{ tulangan}$$

Jadi tulangan tekan tumpuan yang digunakan :

1D19 $As = 283,5 \text{ mm}^2$; **Tabel 4.1**

➤ **Menghitung Tulangan Lapangan**

- $\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_{tc}}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$

$$= 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{420} \times \frac{600}{600 + 420}$$

$$= 0,030357$$
- $\rho_{max} = 0,5 \rho_b$

$$= 0,5 \times 0,030357$$

$$= 0,0151785$$

- $A_{s1} = \rho \times b \times d$

$$= 0,0151785 \times 350 \times 555,5$$

$$= 295,108 \text{ mm}$$

- $a = \frac{A_{s1} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$

$$= \frac{295,108 \times 420}{0,85 \times 30 \times 350}$$

$$= 13,887$$

- $M_{n1} = A_{s1} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$

$$= 295,108 \times 420 \times \left(555,5 - \frac{13,887}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 67,9910 \text{ kN.m}$$

- $M_{u1} = \emptyset \text{ tulangan} \times M_{n1}$

$$= 0,019 \times 67,9910$$

$$= 1,2918 \text{ kN.m}$$

- $M_{n2} = \frac{M_{lap} - M_{u1}}{0,8}$

$$= \frac{19,8754 - 1,2918}{0,8}$$

$$= 23,2295 \text{ kN.m}$$

- $d' = \text{tebal selimut beton} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan}$

$$= 25 \text{ mm} + \frac{1}{2}(19) \text{ mm}$$

$$= 34,5 \text{ mm}$$

- $f_s = \left(1 - \left(\frac{d'}{d}\right) \times \left(\frac{600 + f_y}{600}\right)\right) \times 600$

$$= \left(1 - \left(\frac{34,5}{555,5} \right) \times \left(\frac{600+420}{600} \right) \right) \times 600$$

$$= 536,658 \text{ MPa}$$

$$f's \geq f_y$$

$$536,658 \text{ MPa} \geq 420 \text{ MPa} \dots\dots\dots\text{OK}$$

- $As_2 = \frac{Mn_2 \times 10^6}{f_y \times (d-d')}$
- $= \frac{23,2295 \times 10^6}{420 \times (555,5-30)}$
- $= 127,903 \text{ mm}^2$

- $As = As_1 + As_2$
- $= 295,108 + 127,903$
- $= 423,011 \text{ mm}^2$

Keterangan :

$f's$ = Tegangan dalam baja tulangan pada beban kerja

As = Luas Penampang tulangan tarik

Mn = Momen nominal

Mu = Momen terfaktor pada penampang

ρ_b = rasio penulangan keseimbangan

ρ_{max} = batas maksimum rasio penulangan

a = Tinggi blok tegangan tekan persegi equivalen

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

Untuk menentukan jumlah tulangan yang dipakai apabila menggunakan tulangan D13, maka di dapat :

➤ **Tulangan Tarik :**

$$n = \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times D^2}$$

$$= \frac{421,011}{0,25 \times 3,14 \times 19^2}$$

$$= 1,4857 \approx 2 \text{ tulangan}$$

Jadi tulangan tarik tumpuan yang digunakan :

2D19 $A_s = 567,0 \text{ mm}^2$; **Tabel 4.1**

➤ **Tulangan Tekan :**

$$n = \frac{A_s2}{0,25 \times \pi \times D^2}$$

$$= \frac{127,903}{0,25 \times 3,14 \times 19^2}$$

$$= 0,4513 \approx 1 \text{ tulangan}$$

Jadi tulangan tekan tumpuan yang digunakan :

1D19 $A_s = 283,5 \text{ mm}^2$; **Tabel 4.1**

• **Menghitung Tulangan Sengkang**

$$W_u = 12160,4 \text{ MPa}$$

$$V_u = 238,5055 \text{ MPa}$$

- $v_u = \frac{V_u}{0,8 \times b \times d}$
- $$= \frac{238,5055}{0,8 \times 350 \times 555,5}$$
- $$= 0,00153 \text{ MPa}$$

- $\phi vc = 0,5 \times b \times d$
 $= 0,5 \times 350 \times 555,5$
 $= 97212 \text{ N}$
 $= 97,212 \text{ kN}$
- $Y = \frac{Vu - \phi vc}{Wu}$
 $= \frac{238,5055 - 97,212}{12160,4}$
 $= 0,01361 \text{ m}$
 $= 0013,61 \text{ mm}$
- $As \text{ Sengkang} = \frac{b \times y}{3 \times fy}$
 $= \frac{350 \times 0013,61}{3 \times 420}$
 $= 378,055 \text{ mm}^2$

Keterangan :

Vu = Gaya Geser Terfaktor pada penampang

vu = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

ϕvc = kuat geser ijin

Menurut **Tabel 4.2 Luas Penampang Tulangan Baja Per Meter Panjang Plat** berdasarkan **SK-SNI T-15-1991-03** untuk $As = 378,055 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan sengkang $\phi 10$, maka dicari luas yang mendekati yaitu : $\phi 10 - 200$ ($As = 392,7 \text{ mm}^2$)

Tabel 4.2 Luas Penampang Tulangan Baja Per Meter Panjang Plat

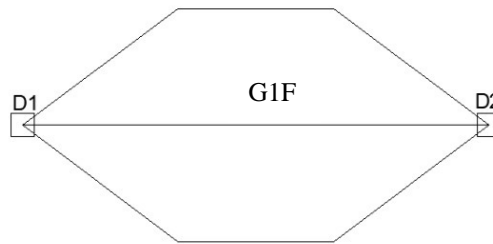
TABEL A-5
LUAS PENAMPANG TULANGAN BAJA PER METER PANJANG PLAT

diameter batang (mm)	Luas Penampang (mm ²)								
	Jarak Spasi p.k.p (mm)								
	50	100	150	200	250	300	350	400	450
6	565,5	282,7	188,5	141,4	113,1	94,2	80,8	70,7	62,8
8	1005,3	502,7	335,1	251,3	201,1	167,6	143,6	125,7	111,7
9	1272,3	636,2	424,1	318,1	254,5	212,1	181,8	159,0	141,4
10	1570,8	785,4	523,6	392,7	314,2	261,8	224,4	196,3	174,5
12	2261,9	1131,0	754,0	565,5	452,4	377,0	323,1	282,7	251,3
13	2654,6	1327,3	884,9	663,7	530,9	442,4	379,2	331,8	294,9
14	3078,8	1539,4	1026,3	769,7	615,8	513,1	439,8	384,8	342,1
16	4021,2	2010,6	1340,4	1005,3	804,20	670,2	574,5	502,7	446,8
18	5089,4	2544,7	1696,5	1272,3	1017,9	848,2	727,1	636,2	565,5
19	5670,6	2835,3	1890,2	1417,6	1134,1	945,1	810,1	708,8	630,1
20	6283,2	3141,6	2094,4	1570,8	1256,6	1047,2	897,6	785,4	698,1
22		3801,3	2534,2	1900,7	1520,5	1267,1	1086,1	950,3	844,7
25		4908,7	3272,5	2454,4	1963,5	1636,2	1402,5	1227,2	1090,8
28		6157,5	4105,0	3078,8	2463,0	2052,5	1759,3	1539,4	1368,3
29		6605,2	4403,5	3302,6	2642,1	2201,7	1887,2	1651,3	1467,8
32		8042,5	5361,7	4021,2	3217,0	2680,8	2297,9	2010,6	1787,2
36			6785,8	5089,4	4071,5	3392,9	2908,2	2544,7	2261,9
40			8377,6	6283,2	5026,5	4188,8	3590,4	3141,6	2792,5
50			13090	9817,5	7854,0	6545,0	5609,9	4908,7	4363,3

4.4.4 Pembebanan Pada Balok Induk

Data yang digunakan :

- Ø tulangan utama = 25 mm
- Ø tulangan Sengkang = 10 mm
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Ukuran Balok G1F = 400 x 700 mm



Gambar 4. 10 Ilustrasi Pembebanan Sistem Amplop Balok Induk Tipe G1F

4.4.4.1 Perhitungan Balok Induk Tipe G1F

A. Perhitungan Pembebanan Pada Balok Induk Tipe G1F

1. Menghitung Beban *Equivalent*

- Lebar Equivalent Trapesium Atas

$$Lx = 4 \text{ m} ; Ly = 8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Leq } D_1 &= \frac{1}{6} Lx \left[3 - 4. \left(\frac{Lx}{2.Ly} \right)^2 \right] \\ &= \frac{1}{6} (4) \left[3 - 4. \left(\frac{4}{2 \times 8} \right)^2 \right] \\ &= 1,333\text{m} \end{aligned}$$

- Lebar Equivalent Trapesium Bawah

$$Lx = 4 \text{ m} ; Ly = 8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Leq } D_2 &= \frac{1}{6} Lx \left[3 - 4. \left(\frac{Lx}{2.Ly} \right)^2 \right] \\ &= \frac{1}{6} (4) \left[3 - 4. \left(\frac{4}{2 \times 8} \right)^2 \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,333 \text{ m} \\
 \text{Leq} &= \text{Leq D1} + \text{Leq D2} \\
 &= 1,333 \text{ m} + 1,333 \text{ m} \\
 &= 2,666 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung Beban Hidup, Beban Mati, dan Beban Terfaktor

➤ Beban Mati (q_D)

- Berat sendiri balok $= b \times (h - \text{tebal plat}) \times \text{BJ beton}$
 $= 0,40 \times (0,70 - 0,11) \times 2400$
 $= 566,4 \text{ kg/m}$
- Beban Plat $= (\text{Leq D}_1 + \text{Leq D}_2) \times 400$
 $= (1,333 \text{ m} + 1,333 \text{ M}) \times 400$
 $= 1866,667 \text{ kg/m}$
- Total $\text{Beban sendiri balok} + \text{Beban plat}$
 $= 566,4 \text{ kg/m} + 1866,667 \text{ kg/m}$
 $= 2433,067 \text{ kg/m}$

➤ Beban Hidup (q_L)

$$\begin{aligned}
 q_L &= \text{Leq} \times \text{beban hidup yang dipakai} \\
 &= 2,666 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 666,6667 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

➤ Beban Terfaktor (q_U)

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2 q_D + 1 q_L \\
 &= 1,2 (2433,067) + 1 (666,6667) \\
 &= 3586,347 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

B. Menghitung Momen dan Gaya Lintang

$$q_u = 3586,347 \text{ kg/m}$$

$$L = 8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{\text{tumpuan}} &= \frac{1}{12} \times q_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 3586,347 \text{ kg/m} \times (8 \text{ m})^2 \\ &= 19127,184 \text{ kgm} = 191,271 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{24} \times q_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{24} \times 3586,347 \text{ kg/m} \times (8 \text{ m})^2 \\ &= 9563,592 \text{ kgm} = 95,6359 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } W_u &= q_u \times L \\ &= 3586,347 \text{ kg/m} \times 8 \text{ m} \\ &= 28690,776 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } V_u &= \frac{1}{2} \times W_u \times L \\ &= \frac{1}{2} \times 3586,347 \text{ kg} \times 8 \text{ m} \\ &= 14345,388 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Keterangan :

M : Momen

W_u : Beban terfaktor

V_u : Gaya Geser Terfaktor pada penampang

C. Menghitung Jumlah Tulangan Utama dan Tulangan Sengkang

Data yang diperlukan :

- Ukuran balok = 400 x 700 mm
- Diameter tul. Utama = 25 mm
- Diameter tul. Sengkang = 10 mm
- Tebal selimut beton = 40 mm
- d = $h - p - D_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} D_{\text{tul.utama}}$
= $700 - 40 - 10 - (\frac{1}{2} \times 25)$
= 637,5 mm

➤ **Menghitung Tulangan Tumpuan**

- ρ_b = $0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$
= $0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{420} \times \frac{600}{600 + 420}$
= 0,030357
- ρ_{max} = $0,5 \rho_b$
= $0,5 \times 0,030357$
= 0,0151785
- A_{s1} = $\rho \times b \times d$
= $0,0151785 \times 400 \times 637,5$
= 387,052 mm
- a = $\frac{A_{s1} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$

$$= \frac{387,052 \times 420}{0,85 \times 30 \times 400}$$

$$= 15,936$$

- Mn1 = $As1 \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$
 = $387,052 \times 420 \times \left(637,5 - \frac{15,936}{2}\right) \times 10^{-6}$
 = 102,337 kN.m

- Mu1 = \emptyset tulangan x Mn1
 = 0,025 x 102,337
 = 2,5584 kN.m

- Mn2 = $\frac{M_{tump} - Mu1}{0,8}$
 = $\frac{191,271 - 2,5584}{0,8}$
 = 235,890 kN.m

d' = tebal selimut beton + 1/2 \emptyset tulangan
 = 40 mm + 1/2(25) mm
 = 52,5 mm

- f's = $\left(1 - \left(\frac{d'}{d}\right) \times \left(\frac{600 + fy}{600}\right)\right) \times 600$
 = $\left(1 - \left(\frac{52,5}{637,5}\right) \times \left(\frac{600 + 420}{600}\right)\right) \times 600$
 = 516 MPa

f's ≥ fy

516 MPa ≥ 420 MPa**OK**

- $A_{s2} = \frac{M_{n2} \times 10^6}{f_y \times (d - d')$
- $= \frac{235,890 \times 10^6}{420 \times (637,5 - 52,5)}$
- $= 960,073 \text{ mm}^2$
- $A_s = A_{s1} + A_{s2}$
- $= 387,052 + 960,073$
- $= 1347,125 \text{ mm}^2$

Keterangan :

f'_s = Tegangan dalam baja tulangan pada beban kerja

A_s = Luas Penampang tulangan tarik

M_n = Momen nominal

M_u = Momen terfaktor pada penampang

ρ_b = rasio penulangan kesembangan

ρ_{max} = batas maksimum rasio penulangan

a = Tinggi blok ttegangangan tekan persegi equivalen

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

Untuk menentukan jumlah tulangan yang dipakai apabila menggunakan tulangan D22, maka di dapat :

➤ **Tulangan Tarik :**

$$n = \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times D^2}$$

$$= \frac{1347,125}{0,25 \times 3,14 \times 25^2}$$

$$= 2,7457 \approx 3 \text{ tulangan}$$

Jadi tulangan tarik tumpuan yang digunakan :

3D25 $A_s = 1472,6 \text{ mm}^2$; **Tabel 4.1**

➤ **Tulangan Tekan :**

$$n = \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times D^2}$$

$$= \frac{960,073}{0,25 \times 3,14 \times 25^2}$$

$$= 1,9568 \approx 2 \text{ tulangan}$$

Jadi tulangan tekan tumpuan yang digunakan :

2D25 $A_s = 981,8 \text{ mm}^2$; **Tabel 4.1**

Menghitung Tulangan Sengkang (Geser)

$$W_u = 28690,776 \text{ MPa}$$

$$V_u = 14345,388 \text{ MPa}$$

- $v_u = \frac{V_u}{0,8 \times b \times d}$
- $= \frac{14345,388}{0,8 \times 400 \times 637,5}$
- $= 0,0703 \text{ Mpa}$

- $\phi v_c = \phi v_c \times b \times d$
- $= 0,5 \times 400 \times 637,5$
- $= 12750 \text{ N}$
- $= 12,75 \text{ KN}$

- $Y = \frac{V_u - \phi v_c}{W_u}$

$$= \frac{14345,388 - 12750}{28690,776}$$

$$= 1,7974 \text{ m}$$

$$= 1797,4 \text{ mm}$$

- As Sengkang = $\frac{b \cdot y}{3 \cdot Fy}$

$$= \frac{400 \times 1797,4}{3 \times 420}$$

$$= 570,603 \text{ mm}^2$$

Keterangan :

$f's$ = Tegangan dalam baja tulangan pada beban kerja

As = Luas Penampang tulangan tarik

Mn = Momen nominal

Mu = Momen terfaktor pada penampang

ρ_b = rasio penulangan kesembangan

ρ_{max} = batas maksimum rasio penulangan

a = Tinggi blok ttegang tekan persegi equivalen

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

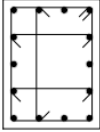
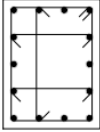
Menurut **tabel 4.2 Luas Penampang Tulangan Baja Per Meter**

Panjang Plat berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk As = 570,603 mm²

dengan diameter tulangan sengkang Ø10, maka dicari luas yang mendekati

yaitu : Ø10 – 150 dengan As = 523,6 mm²

4.5 Perhitungan Kolom

LANTAI	ELEVASI	MUTU BETON f_c (MPa)	TIPE TULANGAN	K1		
LT. ATAP	SFL.+11.950	30				
LT. 1	SFL.+3.950					
					DIMENSI	600 / 800
					TUL.	14 D25
					SENGKANG	D13-100
		T I E S	V	D13-100		
			H	2 D13-100		

Gambar 4. 11 Detail Kolom K1

4.5.1 Perhitungan Kolom K1

Data umum perencanaan :

- Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu Baja (f_y) = 420 MPa
- Tulangan Pokok = D25
- Ukuran Rencana Kolom = 600 X 800 mm

Kolom dengan dimensi 600 x 800 mm dengan tulangan pokok 14 D25 maka,

$$\begin{aligned}
 A_s' = A_s &= 0,25 \times \pi \times D^2 \times \text{jumlah tulangan} \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 25^2 \times 14 \\
 &= 6,868 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 14 D25 ; $A_s = 6,868 \text{ mm}^2$; Tabel 4.1

$$d' = ts + \left(\frac{1}{2} \times D \text{ tul pokok}\right) + D \text{ tul sengkang}$$

$$= 30 + \left(\frac{1}{2} \times 25\right) + 13$$

$$= 55.5 \leq 70 \dots \dots \text{OK}$$

$$d = h - d'$$

$$= 800 - 55,5$$

$$= 744,5 \text{ mm}$$

Keterangan :

As' = Luas tulangan tekan

As = Luas tulangan tarik

ts = Tebal selimut

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

d' = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tekan

➤ **Mencari Mu**

$$0,7225 \times b \times c \times f'c, = As \times fy$$

$$0,7225 \times 600 \times c \times 30 = 6,868 \times 420$$

$$13005 \text{ c} = 2884560$$

$$c = 221,803 \text{ mm}$$

$$Mu = As \times 0,8 \times fy \times (d - 0,425 \times c)$$

$$= 6,868 \times 0,8 \times 420 \times (744,5 - 0,425 \times 221,803)$$

$$= 1500073598 \text{ Nmm}$$

$$= 1500,073 \text{ kNm}$$

Keterangan :

Mu = Momen terfaktor pada penampang

As = Luas penampang tulangan tekan

fy = Tegangan leleh

c = jarak dari serat tekan terluar ke garis netral

➤ **Mencari Pu**

(Pu) belum diketahui, oleh sebab itu perlu asumsi nilai (e) untuk mendapatkan nilai (Pu), (e) = 900 mm. Jadi,

$$e = \frac{Mu \cdot (10)^3}{Pu}$$

$$900 = \frac{1500,073 \cdot (10)^3}{Pu}$$

$$Pu = 1666,747 \text{ kN}$$

Jumlah penulangan diperkirakan 2%

Ukuran kolom 600 x 800 mm ; d' = 55,5 mm

$$Po = 0,85 f_c' (Ag - Ast) + fy Ast$$

$$Po = Ag (0,85 \cdot f_c' (1 - p) + fy \cdot p)$$

$$Po = Ag (0,85 \cdot 30 \cdot (1 - 2\%) + 420 \cdot 2\%)$$

$$Pn = 0,8 Po \quad \text{Kolom Beugeul}$$

$$Pu / \Phi = 0,8 Ag (0,85 \cdot 30 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02)$$

$$Pu = \Phi 0,8 Ag (0,85 \cdot 30 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02)$$

$$1666,747 = 0,65 \cdot 0,8 Ag (0,85 \cdot 30 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02)$$

$$Ag = \frac{1666,747}{0,65 \cdot 0,8 (24,99 + 8,4)}$$

$$= 95,995 \text{ mm}^2$$

Dicoba dengan tulangan 14 D25 pada masing – masing sisi kolom

($A_s = 6,868 \text{ mm}^2$)

$$\rho = \frac{6,868}{600 \times 800} = 0,0143$$

Keterangan :

A_s = Luas penampang tulangan tekan

P_o = Beban aksial pada kolom

P_u = Beban aksial terfaktor ultimat

P_n = kuat beban aksial nominal

A_g = Luas penampang beton

A_{st} = Luas total tulangan pada kolom

E = eksentrisitas beban ultimit

➤ **Pemeriksaan P_u terhadap beban seimbang**

$$P_{ub} \ d = h - d'$$

$$= 800 - 55,5$$

$$= 744,5 \text{ mm}$$

$$C_b = \frac{500 (d)}{500 + f_y}$$

$$= \frac{500 (744,5)}{500 + 420}$$

$$= 404,619 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (faktor reduksi)}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$$= 0,85 \times 404,619$$

$$= 343,926$$

$$\epsilon_s' = \frac{555 - 55,5}{555} \cdot 0,003 < \frac{f_y}{E_s}$$

$$= 0,0027 < \frac{420}{200000}$$

$$= 0,0027 > 0,0021$$

Jadi, tulangan mencapai luluh ketika beton hancur

$$f_s' = E_s \cdot \epsilon_s'$$

$$= 200000 \cdot 0,0027$$

$$= 540 \text{ Mpa}$$

$$f_s' > f_y = 540 \text{ Mpa} > 420 \text{ Mpa}$$

$$P_{ub} = 0,65 [(0,85 \times f_c' \times a_b \times b) + (A_s' \times f_s') - (A_s \times f_y)]$$

$$= 0,65 [(0,85 \times 30 \times 343,926 \times 600) + (6,868 \times 540) - (6,868 \times 420)] (10)^{-4}$$

$$= 0,65 [(5262067,8 + 3708720 - 2884560)] (10)^{-4}$$

$$= 0,65 \times 6086227,8 \times 0,0001$$

$$= 395604481 \text{ N}$$

$$= 39560,481 \text{ kN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot (P_{ub}) > P_u$$

$$= 0,65 \cdot (39560,481) > 1666,747$$

$$= 25714,313 \text{ kN} > 1666,747 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN})$$

Keterangan :

P_{ub} = beban aksial terfaktor pada kondisi seimbang

ϕP_{nb} = reduksi kuat beban aksial nominal seimbang

P_u = beban aksial terfaktor

Cb = Eksentrisitas *balance*

Es = Modulus elastisitas baja tulangan

β_1 = factor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekivalen beton

➤ **Memeriksa Kekuatan Penampang**

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{(d-d') + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18}$$

$$= \frac{6,868 \cdot 420}{(744,5 - 55,5) + 0,5} + \frac{600 \cdot 800 \cdot 30}{\frac{3 \cdot 800 \cdot 900}{744,5^2} + 1,18}$$

$$= 4433585,831 \text{ N}$$

$$= 44335,858 \text{ kN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot (P_n) > P_u$$

$$= 0,65 \cdot (44335,858) > 1666,747$$

$$= 28818,308 > 1666,747 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN})$$

Jadi berdasarkan analisa diatas, tulangan utama kolom K1 menggunakan 14 D25, AMAN untuk digunakan.

• **Perencanaan Tulangan Sengkang Kolom**

Perencanaan tulangan sengkang kolom didasarkan kepada SK-SNI-T-15-1991-03 Pasal 3.16.10 Ayat 5 dengan penjelasan berikut :

1. Semua batang tulangan non-pratekan harus dilingkup dengan sengkang dan kait ikat lateral, paling sedikit ukuran D10.
2. Spasi vertikal dari sengkang dan kait ikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter tulangan longitudinal, 48 kali diameter batang

atau kawat sengkang dan kait-ikat, atau ukuran terkecil dari komponen struktur tekan tersebut.

Sehingga dari uraian di atas direncanakan :

• Tulangan sengkang = 14 mm

16 x D tul.utama = 14 x 25 mm = 350 mm

48 x D sengkang = 48 x 14 mm = 624 mm

Dimensi terkecil kolom = 600 mm

Berdasarkan analisa dan ketentuan diatas, maka tulangan sengkang kolom K1 digunakan D13 – 100 mm.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Perhitungan Struktur Atas Pembangunan Pasar Senen Jaya Blok 1- dan 2 didesain dengan menggunakan pedoman-pedoman perhitungan gedung bertingkat. Secara garis besar, perhitungan struktur atas dari perhitungan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pelat

Jenis struktur untuk pelat lantai digunakan beton cor dengan $f_c' 30$ Mpa dan $f_y 420$ MPa, dengan tebal 15 cm. Untuk penggunaan diameter tulangan 125 mm pada arah L_x dan penggunaan diameter tulangan 115 mm pada arah L_y .

2. Balok

Semua tipe balok menggunakan $f_c' 30$ Mpa dan $f_y 420$ MPa, dimensi balok yang digunakan adalah :

- Lantai Dasar : Balok Induk 40/70, Balok Anak 35/60.
- Tulangan balok yang digunakan adalah D10 untuk tulangan sengkang (begel) , serta D25 untuk tulangan pokok balok arah melintang dan untuk tulangan pokok balok arah memanjang.

3. Kolom

Semua tipe kolom menggunakan $f_c' 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y 420 \text{ MPa}$, dimensi kolom yang digunakan adalah 60/80. Tulangan kolom yang digunakan adalah adalah D13 untuk tulangan sengkang, dan D25 untuk tulangan pokok.

5.2 Saran

Beberapa saran dari penulis yang perlu diperhatikan dalam perhitungan suatu konstruksi struktur adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan struktur gedung tidak hanya berpedoman secara teori tetapi dipertimbangkan pula pada kondisi sebenarnya di lapangan.
2. Kelengkapan data mutlak diperlukan dalam perhitungan suatu bangunan bertingkat, sehingga perhitungan bisa lebih mendekati kondisi sebenarnya.
3. Ikuti ketentuan dalam peraturan-peraturan perhitungan struktur, sehingga didapat nilai yang paling ekonomis.
4. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, maka dibutuhkan pemahaman yang menyeluruh tentang tahap-tahap dalam proses perhitungan, dan teori-teori yang didapat saat kuliah harus selalu dikembangkan.
5. Estimasi beban dan analisa statika harus benar, agar, didapat suatu konstruksi yang aman dan memenuhi syarat seperti yang telah ditentukan dalam perencanaan.

6. Menguasai software yang mendukung perhitungan struktur, misalnya SAP2000, AutoCad, dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali. *Balok dan Plat Bertulang*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Badan Standarisasi Nasional . 2002. *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*, Bandung: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Standart Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI T - 15- 1991 – 03)*. Bandung: Yayasan LPMB.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. 1971. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Purwono, Rahmat. *Perhitungan Knstruksi Beton Bertuang Bedasarkan Pedoman Beton 1989*.
- Schodek, Daniel L. 1999. *Struktur*. Jakarta : Erlangga.
- Setiawan. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- Sidi, Ir. Indra Jati. 1992. *Konsep Keamanan Gedung Bertingkat* . Bandung.
- Sudarmanto, Ir. 1992. *Konstruksi Beton* . Bandung.
- Sunggono, Ir. *Buku Teknik Sipil* . Jakarta: Nova.
- Syahril, Wahyudi. *Struktur Beton Bertukang Standard Baru T-15-1991-03*. Jakarta: Erlangga.
- Vis, W.C. dan Kusuma, Gideon. 1995. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- Wesli. *Mekanika Rekayasa* : Graha Ilmu.