

PERENCANAAN STRUKTUR PUSKESMAS PEMBANTU DUA LANTAI

TUGAS AKHIR

Telah disetujui untuk dipertahankan di depan tim penguji sebagai persyaratan
memperoleh gelar Ahli Madya pada jurusan Teknik Sipil



Dikerjakan oleh :

ELFAS AMALIA CAHYADI

NIM : I. 8506041

Persetujuan Dosen Pembimbing

Ir. SLAMET PRAYITNO, MT

NIP. 19531227 198601 1 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**SURAKARTA
2009**

**PERENCANAAN STRUKTUR PUSKESMAS PEMBANTU
DUA LANTAI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada Program D-III Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta**

Dikerjakan oleh :

ELFAS AMALIA CAHYADI

NIM : I. 8506041

**Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing**

**Ir. SLAMET PRAYITNO, MT
NIP. 19531227 198601 1 001**

Dipertahankan di Depan Tim Penguji :

1.Nama : Ir. Endang Rismunarsi

NIP : 131 570 272

2.Nama : Achmad Basuki. ST, MT.

NIP : 132 163 509

3.Nama : Ir. Suyatno K

NIP : 130 890 438

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS**

**Ir. Agus Supriyadi, MT.
NIP.131 792 199**

**Disahkan,
Ketua Program D III
Teknik Sipil**

**Ir.Slamet Prayitno, MT
NIP.19531227 198601 1 001**

**Mengetahui,
a.n Dekan fakultas Teknik
Pembantu Dekan I
Fakultas Teknik UNS**

**Ir.Paryanto, MS.
NIP.131 569 244**



DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	1
1.3 Kriteria Perencanaan	2
1.4 Peraturan-Peraturan Yang Berlaku.....	2
BAB 2 DASAR TEORI	
2.1 Dasar Perencanaan.....	3
2.1.1 Jenis Pembebanan.....	3
2.1.2 Sistem Kerjanya Beban.....	5
2.1.3 Provisi Keamanan.....	6
2.2 Perencanaan Atap	8
2.3 Perencanaan Tangga	8
2.4 Perencanaan Plat Lantai	8
2.5 Perencanaan Balok Anak.....	9
2.6 Perencanaan Portal	9
2.7 Perencanaan Pondasi	9

BAB 3 RENCANA ATAP

3.1	Perencanaan Atap.....	17
3.1.1	Dasar Perencanaan	18
3.2	Perencanaan Gording.....	18
3.2.1	Perencanaan Pembebanan	18
3.2.2	Perhitungan Pembebanan	19
3.2.3	Kontrol Terhadap Tegangan	21
3.2.4	Kontrol terhadap lendutan.....	21
3.3	Perencanaan Setengah Kuda-Kuda 1.....	23
3.3.1	Perhitungan Panjang Batang Setengah Kuda-Kuda.....	23
3.3.2	Perhitungan Setengah Luasan Kuda-Kuda.....	24
3.3.3	Perhitungan Pembebanan Setengah Kuda-kuda.....	26
3.3.4	Perencanaan Profil Kuda-kuda.....	30
3.3.5	Perhitungtan Alat Sambung	32
3.4	Perencanaan Setengah Kuda-kuda 2	35
3.4.1	Perhitungan Panjang Batang Setengah Kuda-kuda.....	35
3.4.2	Perhitungan Setengah Luasan Kuda-kuda	36
3.4.3	Perhitungan Pembebanan Setengah Kuda-kuda	39
3.4.4	Perencanaan Profil Setengah Kuda-kuda.....	48
3.4.5	Perhitungan Alat Sambung	50
3.5	Perencanaan Kuda-kuda Trapesium	53
3.5.1	Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda Trapesium	53
3.5.2	Perhitungan Setengah Luasan Kuda-kuda	54
3.5.3	Perhitungan Pembebanan Kuda-kuda Trapesium	57
3.5.4	Perencanaan Profil Kuda-kuda Trapesium.....	66
3.5.5	Perhitungan Alat Sambung	67
3.6	Perencanaan Kuda-kuda Utama	71
3.6.1	Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda	71
3.6.2	Perhitungan Setengah Luasan Kuda-kuda Utama.....	72
3.6.3	Perhitungan Pembebanan Kuda-kuda Utama	76
3.6.4	Perencanaan Profil Kuda-kuda Utama.....	85
3.6.5	Perhitungan Alat Sambung	87

BAB 4 PERENCANAAN TANGGA

4.1	Uraian Umum	92
4.2	Data Perencanaan Tangga	92
4.3	Perhitungan Tebal Plat Equivalent dan Pembebanan	94
4.3.1	Perhitungan Tebal Plat Equivalent.....	94
4.3.2	Perhitungan Beban.....	95
4.4	Perhitungan Tulangan Tangga dan Bordes.....	96
4.4.1	Perhitungan Tulangan Tumpuan.....	96
4.4.2	Perhitungan Tulangan Lapangan.....	98
4.5	Perencanaan Balok Bordes.....	99
4.5.1	Pembebanan Balok Bordes.....	99
4.5.2	Perhitungan Tulangan Lentur.....	100
4.6	Perhitungan Pondasi Tangga.....	101
4.7	Perencanaan Kapasitas Dukung Pondasi.....	102

BAB 5 PLAT LANTAI

5.1	Perencanaan Plat Lantai	106
5.2	Perhitungan Beban Pelat Lantai.....	106
5.3	Perhitungan Momen	108
5.4	Penulangan Pelat Lantai.....	109
5.5	Penulangan Lapangan Arah x.....	111
5.6	Penulangan Lapangan Arah y.....	112
5.7	Penulangan Tumpuan Arah x.....	113
5.8	Penulangan Tumpuan Arah y.....	114
5.9	Rekapitulasi Tulangan.....	115

BAB 6 PERENCANAAN BALOK ANAK

6.1	Perencanaan Balok Anak	116
6.1.1	Perhitungan Lebar Equivalent.....	117
6.1.2	Lebar Equivalent Balok Anak.....	117
6.2	Perhitungan Pembebanan Balok Anak.....	118
6.2.1	Pembebanan Balok Anak As A-A'.....	118
6.3	Perhitungan Tulangan Balok Anak.....	119
6.3.1	Perhitungan Tulangan Balok Anak As A-A'.....	119

BAB 7 PERENCANAAN BALOK MEMANJANG

7.1	Perencanaan Balok Memanjang	126
7.1.1	Dasar Perencanaan.....	126
7.1.2	Perencanaan Pembebanan.....	127
7.1.3	Perhitungan Beban Equivalen untuk Plat Lantai.....	128
7.2	Perhitungan Pembebanan Balok Memanjang.....	129
7.3	Penulangan Balok Memanjang.....	131
7.4	Penulangan Ring Balk.....	138
7.4.1	Perhitungan Tulangan Lentur Ring Balk.....	138
7.4.2	Perhitungan Tulangan Geser Ring Balk.....	140
7.5	Penulangan Sloof.....	141
7.5.1	Perhitungan Tulangan Lentur Sloof.....	141
7.5.2	Perhitungan Tulangan Geser Sloof.....	144

BAB 8 PERENCANAAN PORTAL

8.1	Perencanaan Portal.....	147
8.1.1	Menentukan Dimensi Perencanaan Portal.....	147
8.1.2	Ukuran Penampang Kolom.....	148
8.2	Perhitungan Beban Equivalent Plat.....	148
8.2.1	Lebar Equivalent.....	148

8.2.2	Pembebanan Balok Portal.....	149
8.3	Penulangan Balok Portal.....	151
8.3.1	Perhitungan Tulangan Lentur.....	151
8.3.2	Perhitungan Tulangan Geser.....	154
8.4	Penulangan Kolom.....	155
8.4.1	Perhitungan Tulangan Lentur Kolom.....	155
8.4.2	Perhitungan Tulangan Geser Kolom.....	156
8.5	Penulangan Sloof.....	157
8.5.1	Perhitungan Tulangan Lentur	157
8.5.2	Perhitungan Tulangan Geser.....	160
 BAB 9 PERENCANAAN PONDASI		
9.1	Data Perencanaan	163
9.2	Perencanaan Kapasitas Dukung Pondasi.....	164
9.3	Perhitungan Tulangan Lentur.....	165
9.4	Perhitungan Tulangan Geser.....	167
 PENUTUP.....		
DAFTAR PUSTAKA.....		
LAMPIRAN-LAMPIRAN		

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dengan semakin pesatnya perkembangan dunia teknik sipil di Indonesia saat ini menuntut terciptanya sumber daya manusia yang dapat mendukung kemajuannya dalam bidang ini. Dengan Sumber Daya Manusia yang berkualitas tinggi, bangsa Indonesia akan dapat memenuhi tuntutan ini.

Bangsa Indonesia telah menyediakan berbagai sarana guna memenuhi Sumber Daya Manusia yang berkualitas. Dalam merealisasikan hal ini Universitas Sebelas Maret Surakarta sebagai salah satu lembaga pendidikan yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut memberikan Tugas Akhir sebuah perencanaan gedung bertingkat dengan maksud agar dapat menghasilkan tenaga yang bersumber daya dan mampu bersaing dalam dunia kerja.

1.2. Maksud Dan Tujuan

Dalam menghadapi pesatnya perkembangan jaman yang semakin modern dan berteknologi, serta semakin derasnya arus globalisasi saat ini, sangat diperlukan seorang teknisi yang berkualitas. Dalam hal ini khususnya teknik sipil sangat diperlukan teknisi-teknisi yang menguasai ilmu dan keterampilan dalam bidangnya. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta sebagai lembaga pendidikan mempunyai tujuan untuk menghasilkan ahli teknik yang berkualitas, bertanggungjawab, kreatif dalam menghadapi masa depan serta dapat menyukseskan pembangunan nasional di Indonesia.

Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Program Diploma Tiga Jurusan Teknik Sipil memberikan Tugas Akhir dengan maksud dan tujuan:

1. Mahasiswa dapat merencanakan suatu konstruksi bangunan yang sederhana sampai bangunan bertingkat.

2. Mahasiswa diharapkan dapat memperoleh pengetahuan dan pengalaman dalam merencanakan struktur gedung.
3. Mahasiswa diharapkan dapat memecahkan suatu masalah yang dihadapi dalam perencanaan suatu struktur gedung.

1.3. Kriteria Perencanaan

1. Spesifikasi Bangunan

- a. Fungsi bangunan : Untuk pelayanan masyarakat.
- b. Luas bangunan : 304 m^2
- c. Jumlah lantai : 2 lantai
- d. Tinggi antar lantai : 4 m
- e. Penutup atap : Rangka kuda-kuda baja
- f. Pondasi : *Foot Plat*

2. Spesifikasi Bahan

- a. Mutu baja profil : BJ 37
- b. Mutu beton ($f'c$) : 25 MPa
- c. Mutu baja tulangan (f_y) : Polos: 240 MPa. Ulir: 360 MPa.

1.4. Peraturan-Peraturan Yang Berlaku

1. Standart tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (**SKNI T-15-1991-03**).
2. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.
3. Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1984

BAB 2 DASAR TEORI

2.1. Dasar Perencanaan

2.1.1. Jenis Pembebanan

Dalam merencanakan struktur suatu bangunan bertingkat, digunakan struktur yang mampu mendukung berat sendiri, gaya angin, beban hidup maupun beban khusus yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Beban-beban yang bekerja pada struktur dihitung menurut, **SKSNI T-15-1991-03**. Beban-beban tersebut adalah:

1. Beban Mati (qd)

Beban mati adalah beban dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap atau tidak berubah, termasuk segala unsur tambahan serta peralatan yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung. Untuk merencanakan gedung ini, beban mati yang terdiri dari berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung adalah:

a) Bahan Bangunan:

1.	.....	Beton	
	Bertulang	.....	2400 kg/m ³
2.	.....	Pasir	..... 1800 kg/m ³
3.	.....	Beton	..... 2200 kg/m ³

b) Komponen Gedung:

1. Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari:
 - - semen
 - asbes (eternit) dengan tebal maximum 4mm 11 kg/m²
 - - kaca
 - dengan tebal 3-4 mm 10 kg/m²
2. Penutup atap genteng dengan reng dan usuk 50 kg/m²
3. Penutup lantai dari tegel, keramik dan beton (tanpa adukan) per cm tebal 24 kg/m²
4. Adukan semen per cm tebal 21 kg/m²

2. Beban Hidup (ql)

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat penghuni atau pengguna suatu gedung, termasuk dari barang-barang yang dapat berpindah,

sehingga mengakibatkan perubahan pembebanan lantai dan atap tersebut. Khususnya pada atap, beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan (**PPIUG 1983**).

Beban hidup yang bekerja pada bangunan ini disesuaikan dengan rencana fungsi bangunan tersebut. Beban hidup untuk bangunan ini terdiri dari:

Beban atap.....	100 kg/m ²
Beban tangga dan bordes	300 kg/m ²
Beban lantai.....	250 kg/m ²

Berhubung peluang untuk terjadi beban hidup penuh yang membebani semua bagian dan semua unsur struktur pemikul secara serempak selama unsur gedung tersebut adalah sangat kecil, maka pada perencanaan balok induk dan portal dari sistem pemikul beban dari suatu struktur gedung, beban hidupnya dikalikan dengan suatu koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada penggunaan gedung yang ditinjau, seperti diperlihatkan pada tabel:

Tabel 2.1. Koefisien Reduksi Beban Hidup

Penggunaan Gedung	Koefisien Beban Hidup untuk Perencanaan Balok Induk
a. PERUMAHAN/HUNIAN Rumah sakit/Poliklinik	0,75
b. PERTEMUAN UMUM Ruang Rapat, R. Serba Guna, Musholla	0,90
c. PENYIMPANAN Perpustakaan, Ruang Arsip	0,80
d. TANGGA Rumah sakit/Poliklinik	0,75

Sumber: PPIUG 1983

3. Beban Angin (W)

Beban Angin adalah beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan adanya tiupan angin (perbedaan tekanan udara). (**PPIUG 1983**).

Beban Angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (hisapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif yang dinyatakan dalam kg/m² ini ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup dengan koefisien-koefisien angin. Tekan tiup harus diambil minimum 25 kg/m², kecuali untuk daerah di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari tepi pantai. Pada daerah tersebut tekanan hisap diambil minimum 40 kg/m². Sedangkan koefisien angin untuk gedung tertutup:

1. Dinding Vertikal
 - a) Di pihak angin..... + 0,9
 - b) Di belakang angin - 0,4
2. Atap segitiga dengan sudut kemiringan α
 - a) Di pihak angin : $\alpha < 65^\circ$ $0,02 \alpha - 0,4$
 $65^\circ < \alpha < 90^\circ$ + 0,9
 - b) Di belakang angin, untuk semua α - 0,4

2.1.2. Sistem Kerjanya Beban

Bekerjanya beban untuk bangunan bertingkat berlaku sistem gravitasi, yaitu elemen struktur yang berada di atas akan membebani elemen struktur di bawahnya, atau dengan kata lain elemen struktur yang mempunyai kekuatan lebih besar akan menahan atau memikul elemen struktur yang mempunyai kekuatan lebih kecil. Dengan demikian sistem bekerjanya beban untuk elemen-elemen struktur gedung bertingkat secara umum dapat dinyatakan sebagai berikut:

Beban pelat lantai didistribusikan terhadap balok anak dan balok portal, beban balok portal didistribusikan ke kolom dan beban kolom kemudian diteruskan ke tanah dasar melalui pondasi.

2.1.3. Provisi Keamanan

Dalam pedoman beton, **SKSNI T-15-1991-03** struktur harus direncanakan untuk memiliki cadangan kekuatan untuk memikul beban yang lebih tinggi dari beban normal. Kapasitas cadangan ini mencakup faktor pembebanan (U), yaitu untuk

memperhitungkan pelampauan beban dan faktor reduksi (ϕ), yaitu untuk memperhitungkan kurangnya mutu bahan di lapangan. Pelampauan beban dapat terjadi akibat perubahan dari penggunaan untuk apa struktur direncanakan dan penafsiran yang kurang tepat dalam memperhitungkan pembebanan. Sedang kekurangan kekuatan dapat diakibatkan oleh variasi yang merugikan dari kekuatan bahan, pengerjaan, dimensi, pengendalian dan tingkat pengawasan.

Tabel 2.2. Faktor Pembebanan U

No.	KOMBINASI BEBAN	FAKTOR U
1.	D, L	$1,2 D + 1,6 L$

2.	D, L, W	$0,75 (1,2 D + 1,6 L + 1,6 W)$
3.	D, W	$0,9 D + 1,3 W$
4.	D, Lr, E	$1,05 (D + Lr \pm E)$
5.	D, E	$0,9 (D \pm E)$

Keterangan :

D = Beban mati

L = Beban hidup

Lr = Beban hidup tereduksi

W = Beban angin

E = Beban gempa

Tabel 2.3. Faktor Reduksi Kekuatan \emptyset

	GAYA	\emptyset
	Lentur tanpa beban aksial	0,80
	Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur	0,80
	Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur	0,65-0,80
	Geser dan torsi	0,60
	Tumpuan Beton	0,70

Karena kandungan agregat kasar untuk beton struktural seringkali berisi agregat kasar berukuran diameter lebih dari 2 cm, maka diperlukan adanya jarak tulangan

minimum agar campuran beton basah dapat melewati tulangan baja tanpa terjadi pemisahan material sehingga timbul rongga-rongga pada beton. Untuk melindungi dari karat dan kehilangan kekuatannya dalam kasus kebakaran, maka diperlukan adanya tebal selimut beton minimum.

Beberapa persyaratan utama pada Pedoman Beton **SKSNI T-15-1991-03** adalah sebagai berikut:

- a. Jarak bersih antara tulangan sejajar yang selapis tidak boleh kurang dari d_b atau 25 mm, dimana d_b adalah diameter tulangan.
- b. Jika tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapisan atas harus diletakkan tepat diatas tulangan di bawahnya dengan jarak bersih tidak boleh kurang dari 25 mm.

Tebal selimut beton minimum untuk beton yang dicor setempat adalah:

- a) Untuk pelat dan dinding = 20 mm
- b) Untuk balok dan kolom = 40 mm
- c) Beton yang berhubungan langsung dengan tanah atau cuaca = 50 mm

2.2. Perencanaan Atap

1. Pembebanan

Pada perencanaan atap ini, beban yang bekerja adalah:

- a. Beban mati
- b. Beban hidup

2. Asumsi Perletakan

- a. Tumpuan sebelah kiri adalah Sendi.
- b. Tumpuan sebelah kanan adalah Rol.

3. Analisa struktur pada perencanaan ini menggunakan program **SAP 2000**.

Analisa tampang menggunakan peraturan **PPBBI 1984**.

4. Perhitungan profil kuda-kuda

a. Batang tarik

$$F_n = \frac{\rho_{mak}}{\sigma_{ijin}}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{2}{3} \times (\sigma_l = 2400 \text{ kg/cm}^2) = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{bruto} = 1,15 \times F_n \dots (< F \text{ Profil})$$

Dengan syarat σ terjadi $\leq 0,75 \sigma$ ijin

$$\sigma \text{ terjadi} = \frac{\rho_{mak}}{0,85 \cdot F_{profil}}$$

b. Batang tekan

$$\lambda = \frac{l_k}{i_x}$$

$$\lambda_g = \pi \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot \sigma_{leleh}}} \quad \dots\dots \text{dimana, } \sigma_{leleh} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g}$$

$$\begin{aligned} \text{Apabila } \lambda_s \leq 0,25 &\longrightarrow \omega = 1 \\ 0,25 < \lambda_s < 1,2 &\longrightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_s} \\ \lambda_s \geq 1,2 &\longrightarrow \omega = 1,25 \cdot \lambda_s^2 \end{aligned}$$

kontrol tegangan :

$$\sigma = \frac{P_{maks.} \cdot \omega}{F_p} \leq \sigma_{ijin}$$

2.3. Perencanaan Beton Bertulang

1. Pembebanan
 - a. Beban mati
 - b. Beban hidup
 - Tangga = 300 kg/m²
 - Plat Lantai = 250 kg/m²
 - Balok anak = 250 kg/m²
 - Portal = 250 kg/m²
2. Asumsi Perletakan
 - a. Tangga : Jepit, Jepit, Jepit
 - b. Plat lantai : jepit penuh
 - c. Balok anak : Jepit, Jepit
 - d. Portal : Jepit pada kaki portal dan bebas pada titik yang lain.
3. Analisa struktur menggunakan **PPIUG 1983** dan program **SAP 2000**.
4. Analisa tampang menggunakan peraturan **PPIUG 1983**.

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad \text{dimana, } \phi = 0,80$$

$$m = \frac{f_y}{0,85x f'_c} \quad Rn = \frac{M_n}{bxd^2}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad \rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

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

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ → tulangan tunggal

$\rho < \rho_{\min}$ → dipakai ρ_{\min}

$$A_s = \rho_{\text{ada}} \cdot b \cdot d$$

Luas tampang tulangan

$A_s = \text{Jumlah tulangan} \times \text{Luas}$

Perhitungan tulangan geser :

$$\phi = 0,60$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times b \times d$$

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

$$\Phi \cdot V_c \leq V_u \leq 3 \Phi V_c \quad \rightarrow \text{(perlu tulangan geser)}$$

$$V_u < \Phi V_c < 3 \Phi V_c \quad \rightarrow \text{(tidak perlu tulangan geser)}$$

$$V_s \text{ perlu} = V_u - V_c \quad \rightarrow \text{(pilih tulangan terpasang)}$$

$$V_s \text{ ada} = \frac{(A_v \cdot f_y \cdot d)}{s} \quad \rightarrow \text{(pakai } V_s \text{ perlu)}$$

2.4. Perencanaan Pondasi

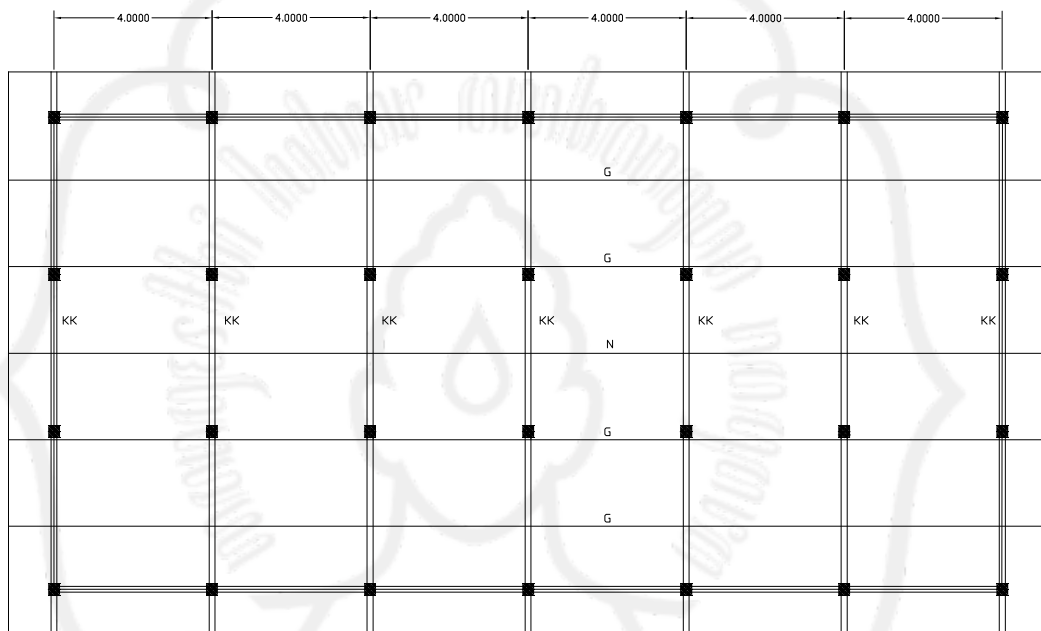
1. Pembebanan

Beban aksial dan momen dari analisa struktur portal akibat beban mati dan beban hidup.

BAB 3

PERENCANAAN ATAP

3.1. Rencana Atap



Gambar 3.1. Rencana Atap

Keterangan :

KK = Kuda-kuda

G = Gording

N = Nok

3.1.1. Dasar Perencanaan

Dasar perencanaan yang dimaksud di sini adalah data dari perencanaan atap itu sendiri, seperti perencanaan kuda-kuda dan gording, yaitu:

- a. Bentuk rangka kuda-kuda : seperti tergambar.
- b. Jarak antar kuda-kuda : 4 m.
- c. Kemiringan atap (α) : 25° .
- d. Bahan gording : baja profil *lip channels* (\square).
- e. Bahan rangka kuda-kuda : baja profil *double* siku sama kaki (\llcorner).
- f. Bahan penutup atap : genteng.
- g. Alat sambung : baut-mur.
- h. Jarak antar gording : 2,2 m.
- i. Bentuk atap : Gunungan.
- j. Mutu baja profil : Bj-37 ($\sigma_{ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2$).
 $\sigma_{leleh} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

3.2. Perencanaan Gording

3.2.1. Perencanaan Pembebanan

Dicoba menggunakan gording dengan dimensi baja profil tipe *lip channels*/ kanal kait (\square) 150 x 65 x 20 x 3,2 dengan data sebagai berikut:

- a. Berat gording = 7,51 kg/m.
 - b. $I_x = 332 \text{ cm}^4$.
 - c. $I_y = 53,8 \text{ cm}^4$.
 - d. $h = 150 \text{ mm}$
 - e. $b = 65 \text{ mm}$
 - f. $t_s = 3,2 \text{ mm}$
 - g. $t_b = 3,2 \text{ mm}$
 - h. $W_x = 44,3 \text{ cm}^3$.
 - i. $W_y = 12,2 \text{ cm}^3$.
- Kemiringan atap (α) = 25° .

Jarak antar gording (s) = 2,2 m.

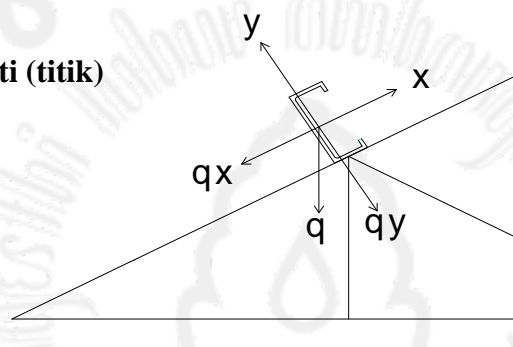
Jarak antar kuda-kuda utama (L) = 4 m.

Pembebanan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983, sebagai berikut:

- Berat penutup atap = 50 kg/m^2 .
- Beban angin = 25 kg/m^2 .
- Berat hidup (pekerja) = 100 kg .
- Berat penggantung dan plafond = 18 kg/m^2

3.2.2. Perhitungan Pembebanan

a. Beban mati (titik)



$$\begin{array}{rcl}
 \text{Berat gording} & = & = 7,51 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat penutup atap} & = & = 2,2 \times 50 \text{ kg/m}^2 = 110 \text{ kg/m} \\
 & & \hline
 q & = & 117,51 \text{ kg/m} +
 \end{array}$$

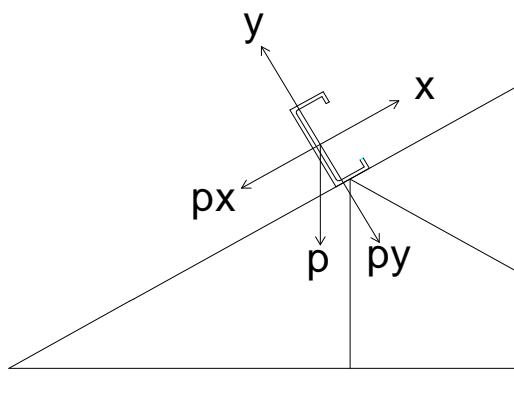
$$q_x = q \sin \alpha = 117,51 \times \sin 25^\circ = 49,66 \text{ kg/m.}$$

$$q_y = q \cos \alpha = 117,51 \times \cos 25^\circ = 106,5 \text{ kg/m.}$$

$$M_{x1} = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 106,5 \times 4^2 = 213 \text{ kgm.}$$

$$M_{y1} = \frac{1}{8} \cdot q_x \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 49,66 \times 4^2 = 99,32 \text{ kgm.}$$

b. Beban hidup



P diambil sebesar 100 kg.

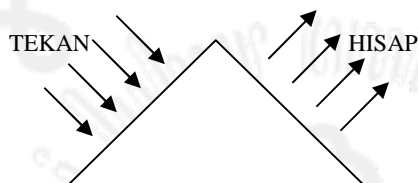
$$P_x = P \sin \alpha = 100 \times \sin 25^\circ = 42,26 \text{ kg.}$$

$$P_y = P \cos \alpha = 100 \times \cos 25^\circ = 90,63 \text{ kg.}$$

$$M_{x2} = \frac{1}{4} \cdot P_y \cdot L = \frac{1}{4} \times 90,63 \times 4 = 90,63 \text{ kgm.}$$

$$M_{y2} = \frac{1}{4} \cdot P_x \cdot L = \frac{1}{4} \times 42,26 \times 4 = 42,26 \text{ kgm.}$$

c. Beban angin



Beban angin kondisi normal, minimum = 25 kg/m².

Koefisien kemiringan atap (α) = 25°.

- 1) Koefisien angin tekan = (0,02 α - 0,4) = 0,1
- 2) Koefisien angin hisap = - 0,4

Beban angin :

- 1) Angin tekan (W_1) = koef. Angin tekan x beban angin x $\frac{1}{2}$ x (s_1+s_2)
 = 0,1 x 25 x $\frac{1}{2}$ x (2,2+2,2) = 5,5 kg/m.
- 2) Angin hisap (W_2) = koef. Angin hisap x beban angin x $\frac{1}{2}$ x (s_1+s_2)
 = - 0,4 x 25 x $\frac{1}{2}$ x (2,2+2,2) = -22 kg/m.

Beban yang bekerja pada sumbu x, maka hanya ada harga M_x :

- 1) M_x (tekan) = $\frac{1}{8} \cdot W_1 \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 5,5 \times 4^2 = 11 \text{ kgm.}$
- 2) M_x (hisap) = $\frac{1}{8} \cdot W_2 \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times -22 \times 4^2 = -44 \text{ kgm.}$

Tabel 3.1 Kombinasi gaya dalam pada gording

Momen	Beban Mati	Beban Hidup	Beban Angin		Kombinasi	
			Tekan	Hisap	Minimum	Maksimum
M	213	90	11	-44		314,6

x	kgm	,63 kgm	kgm	kgm	70,63 kgm	3 kgm
M	99,	42				141,58
y	32 kgm	,26 kgm			141,58 kgm	kgm

3.2.3. Kontrol Terhadap Tegangan

Kontrol terhadap tegangan Minimum

$$M_x = 270,63 \text{ kgm} = 27063 \text{ kgcm.}$$

$$M_y = 141,58 \text{ kgm} = 14158 \text{ kgcm.}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\left(\frac{M_x}{W_x}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{W_y}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{27063}{44,3}\right)^2 + \left(\frac{14158}{12,2}\right)^2} \\ &= 1311,47 \text{ kg/cm}^2 < \sigma \text{ ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap tegangan Maksimum

$$M_x = 314,63 \text{ kgm} = 31463 \text{ kgcm.}$$

$$M_y = 141,58 \text{ kgm} = 14158 \text{ kgcm.}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\left(\frac{M_x}{W_x}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{W_y}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{31463}{44,3}\right)^2 + \left(\frac{14158}{12,2}\right)^2} \\ &= 1360,57 \text{ kg/cm}^2 < \sigma \text{ ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

3.2.4 Kontrol Terhadap Lendutan

Di coba profil : 150 x 65 x 20 x 3,2 $q_x = 0,4966 \text{ kg/cm}$

$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ $q_y = 1,065 \text{ kg/cm}$

$I_x = 332 \text{ cm}^4$ $P_x = 42,26 \text{ kg}$

$I_y = 53,8 \text{ cm}^4$ $P_y = 90,63 \text{ kg}$

$$Z_{ijin} = \frac{1}{180} \times 400$$

$$= 2,22 \text{ cm}$$

$$Z_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_y} + \frac{P_x \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_y}$$

$$= \frac{5 \cdot 0,4966 \cdot (400)^4}{384 \cdot (2,1 \cdot 10^6) \cdot 53,8} + \frac{42,26 \cdot (400)^3}{48 \cdot (2,1 \cdot 10^6) \cdot 53,8}$$

$$= 1,96 \text{ cm}$$

$$Z_y = \frac{5 \cdot 1,065 \cdot (400)^4}{384 \cdot (2,1 \cdot 10^6) \cdot 332} + \frac{90,63 \cdot (400)^3}{48 \cdot (2,1 \cdot 10^6) \cdot 332}$$

$$= 0,68 \text{ cm}$$

$$Z = \sqrt{Z_x^2 + Z_y^2}$$

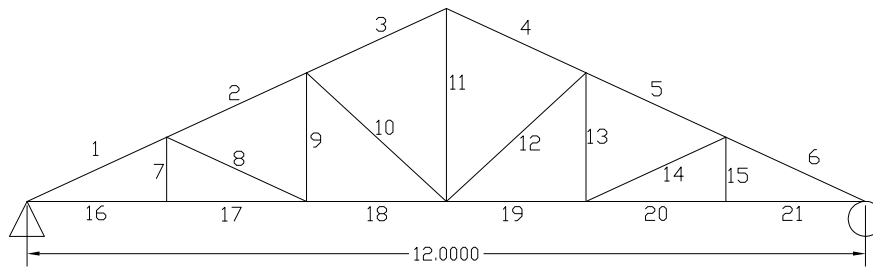
$$= \sqrt{(1,96)^2 + (0,68)^2} = 2,07 \leq 2,22 \text{ aman !}$$

$$Z \leq Z_{ijin} \text{ aman}$$

Jadi, baja profil *lip channels* (\square) dengan dimensi **150 x 65 x 20 x 3,2** aman dan mampu menerima beban apabila digunakan untuk gording.

3.3. Perencanaan Kuda-kuda Utama (KK)

3.3.1. Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda



Gambar 3.2. Panjang batang kuda-kuda

Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 3.2. Perhitungan panjang batang pada kuda-kuda utama (KK)

No. Batang	Panjang Batang (m)	No. Batang	Panjang Batang (m)
1	2,2	12	2,75
2	2,2	13	2,21
3	2,2	14	1,89
4	2,2	15	0,95
5	2,2	16	2
6	2,2	17	2
7	0,95	18	2
8	1,89	19	2
9	2,21	20	2
10	2,75	21	2
11	2,84		

3.3.2. Perhitungan Pembebanan Kuda-kuda

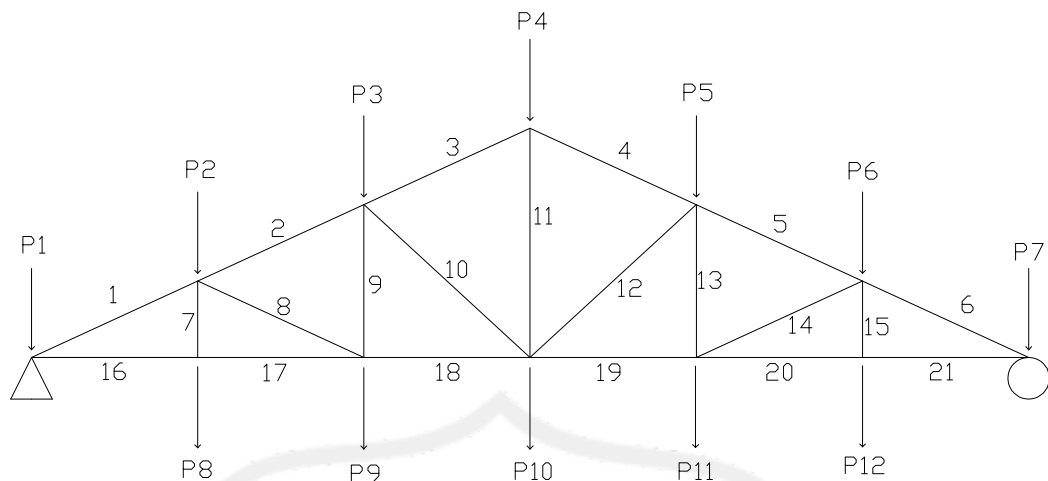
Data-data pembebanan:

Berat gording = 7,51 kg/m

Jarak antar kuda-kuda = 4,00 m

Berat penutup atap = 50 kg/m²

Berat profil = 25 kg/m



Gambar 3.3. Pembebanan Kuda-kuda akibat beban mati

➤ **Beban Mati :**

1) **Beban $P_1 = P_7$**

a) **Beban atap** = $\frac{1}{2} \times \text{Btg 1} \times \text{jarak kuda-kuda} \times \text{Berat atap}$
 = $\frac{1}{2} \times 2,2 \times 4 \times 50$
 = 220 kg

b) **Beban gording** = **Berat profil gording x jarak kuda-kuda**
 = $7,51 \times 4 = 30,04$ kg

c) **Beban kuda-kuda** = $\frac{1}{2} \times \text{Btg}(1+16) \times \text{berat profil kuda kuda}$
 = $\frac{1}{2} \times (2,2+2) \times 25 = 55$ kg

d) **Beban bracing** = $10\% \times \text{beban kuda-kuda}$
 = $10\% \times 55 = 5,5$ kg

e) **Beban plat sambung** = $30\% \times \text{beban kuda-kuda}$
 = $30\% \times 55 = 16,5$ kg

2) **Beban $P_2 = P_6$**

- a) Beban atap = $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (1+2) \times \text{jarak kuda-kuda} \times \text{berat atap}$
 = $\frac{1}{2} \times (2,2+2,2) \times 4 \times 50 = 440 \text{ kg}$
- b) Beban gording = Berat profil gording x jarak kuda-kuda
 = $7,51 \times 4 = 30,04 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda = $\frac{1}{2} \times \text{Btg}(1+2+7+8) \times \text{berat profil kuda kuda}$
 = $\frac{1}{2} \times (2,2+2,2+1,89+2,21) \times 25 = 106,25 \text{ kg}$
- d) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
 = $10\% \times 106,25 = 10,625 \text{ kg}$
- e) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
 = $30\% \times 106,25 = 31,875 \text{ kg}$
- 3) Beban $P_3 = P_5$
- a) Beban atap = $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (2+3) \times \text{jarak kuda-kuda} \times \text{berat atap}$
 = $\frac{1}{2} \times (2,2+2,2) \times 4 \times 50 = 440 \text{ kg}$
- b) Beban gording = Berat profil gording x jarak kuda-kuda
 = $7,51 \times 4 = 30,04 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda = $\frac{1}{2} \times \text{Btg}(2+3+9+10) \times \text{berat profil kuda kuda}$
 = $\frac{1}{2} \times (2,2+2,2+1,89+2,84) \times 25 = 114,125 \text{ kg}$
- d) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
 = $10\% \times 114,125 = 11,81 \text{ kg}$
- e) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
 = $30\% \times 114,125 = 34,375 \text{ kg}$
- 4) Beban P_4
- a) Beban atap = $\frac{1}{2} \times \text{Btg} (3+4) \times \text{jarak kuda-kuda} \times \text{berat atap}$
 = $\frac{1}{2} \times (2,2+2,2) \times 4 \times 50 = 440 \text{ kg}$
- b) Beban gording = Berat profil gording x jarak kuda-kuda
 = $7,51 \times 4 = 30,04 \text{ kg}$
- c) Beban kuda-kuda = $\frac{1}{2} \times \text{Btg}(3+4+11) \times \text{berat profil kuda kuda}$
 = $\frac{1}{2} \times (2,2+2,2+2,84) \times 25 = 90,5 \text{ kg}$
- d) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
 = $10\% \times 90,5 = 9,05 \text{ kg}$
- e) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda

$$= 30\% \times 90,5 = 27,15 \text{ kg}$$

5) Beban $P_8 = P_{12}$

- a) Beban kuda-kuda $= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (7+16+17) \times \text{berat profil kuda kuda}$
 $= \frac{1}{2} \times (0,95+2+2) \times 25 = 61,875 \text{ kg}$
- b) Beban plafon $= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (16+17) \times \text{berat plafon} \times \text{jarak kuda-kuda}$
 $= \frac{1}{2} \times (2+2) \times 18 \times 4 = 144 \text{ kg}$
- c) Beban bracing $= 10\% \times \text{beban kuda-kuda}$
 $= 10\% \times 61,875 = 6,19 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung $= 30\% \times \text{beban kuda-kuda}$
 $= 30\% \times 61,875 = 18,56 \text{ kg}$

6) Beban $P_9 = P_{11}$

- a) Beban kuda-kuda $= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (8+9+17+18) \times \text{berat profil kuda kuda}$
 $= \frac{1}{2} \times (2,21+1,89+2+2) \times 25 = 101,25 \text{ kg}$
- b) Beban plafon $= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (17+18) \times \text{berat plafon} \times \text{jarak kuda-kuda}$
 $= \frac{1}{2} \times (2+2) \times 18 \times 4 = 144 \text{ kg}$
- c) Beban bracing $= 10\% \times \text{beban kuda-kuda}$
 $= 10\% \times 101,25 = 10,125 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung $= 30\% \times \text{beban kuda-kuda}$
 $= 30\% \times 101,25 = 30,375 \text{ kg}$

7) Beban P_{10}

- a) Beban kuda-kuda $= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (10+11+12+18+19) \times \text{b. profil kuda kuda}$
 $= \frac{1}{2} \times (2,75+2,84+2,75+2+2) \times 25 = 154,25 \text{ kg}$
- b) Beban plafon $= \frac{1}{2} \times \text{Btg} (18+19) \times \text{berat plafon} \times \text{jarak kuda-kuda}$
 $= \frac{1}{2} \times (2+2) \times 18 \times 4 = 144 \text{ kg}$
- c) Beban bracing $= 10\% \times \text{beban kuda-kuda}$
 $= 10\% \times 154,25 = 15,42 \text{ kg}$
- d) Beban plat sambung $= 30\% \times \text{beban kuda-kuda}$
 $= 30\% \times 154,25 = 46,275 \text{ kg}$

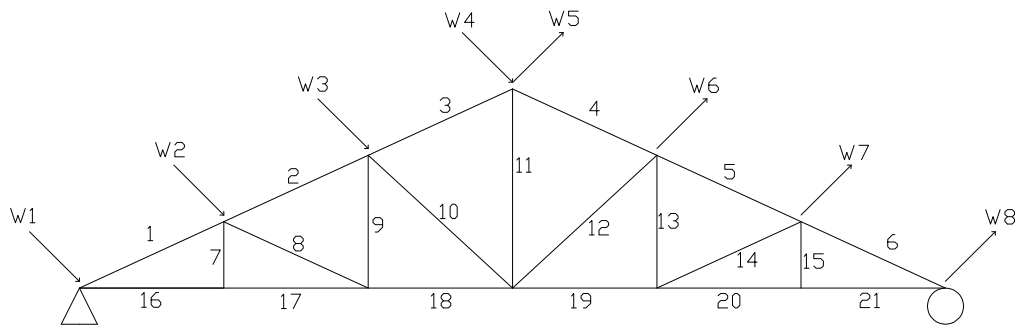
Tabel 3.3. Rekapitulasi pembebanan

No.	Beban	Beban Atap (kg)	Beban gording (kg)	Beban Kuda-kuda (kg)	Beban Bracing (kg)	Beban Plat Sambung (kg)	Beban Plafon (kg)	Jumlah Beban (kg)	Input SAP 2000 (kg)
1.	$P_1=P_7$	220	30,04	55	5,5	16,5	-	327,04	330
2.	$P_2=P_6$	440	30,04	106,25	7,86	31,875	-	616,025	620
3.	$P_3=P_5$	440	30,04	114,125	11,81	34,375	-	630,35	640
4.	P_4	440	30,04	90,5	9,05	27,15	-	596,74	600
5.	$P_8=P_{12}$	-	-	61,875	6,19	18,56	144	230,625	240
6.	$P_9=P_{11}$	-	-	101,25	18,56	30,375	144	294,185	300
7.	P_{10}	-	-	154,25	15,42	46,275	144	359,945	360

➤ **Beban Hidup :**

Beban hidup yang bekerja pada $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7 = 100$ kg

➤ **Beban Angin :**



Gambar 3.4. Pembebanan kuda-kuda no 1 akibat beban angin

Beban angin kondisi normal, minimum = 25 kg/m^2 .

1) *Koefisien angin tekan* = $0,02\alpha - 0,40$

$$= (0,02 \times 25) - 0,40 = 0,1$$

a) $W_1 = W_4 = \frac{1}{2} \times s \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \times L$

$$= \frac{1}{2} \times 2,2 \times 0,1 \times 25 \times 4$$

$$= 11 \text{ kg}$$

b) $W_2 = W_3 = \frac{1}{2} \times (s + s) \times \text{koef. angin tekan} \times \text{beban angin} \times L$

$$= \frac{1}{2} \times (2,2 + 2,2) \times 0,1 \times 25 \times 4$$

$$= 22 \text{ kg}$$

2) *Koefisien angin hisap* = $-0,4$

a) $W_5 = W_8 = \frac{1}{2} \times s \times \text{koef. Angin hisap} \times \text{beban angin} \times L$

$$= \frac{1}{2} \times 2,2 \times (-0,4) \times 25 \times 4$$

$$= -44 \text{ kg}$$

b) $W_6 = W_7 = \frac{1}{2} \times (s + s) \times \text{koef. Angin hisap} \times \text{beban angin} \times L$

$$= \frac{1}{2} \times (2,2 + 2,2) \times (-0,4) \times 25 \times 4$$

$$= -88 \text{ kg.}$$

Tabel 3.4. Perhitungan beban angin

Beban Angin	Beban (kg)	W x cos α	Input SAP 2000	W x sin α	Input SAP 2000
W ₁ = W ₄	11	9,969	10	4,648	5
W ₂ = W ₃	22	19,938	20	9,297	10
W ₅ = W ₈	- 44	-39,877	40	-18,595	19
W ₆ = W ₇	- 88	-79,755	80	-37,190	38

Dari perhitungan mekanika dengan menggunakan program **SAP 2000** diperoleh gaya batang yang bekerja pada batang kuda-kuda utama sebagai berikut :

Tabel 3.5. Rekapitulasi gaya batang kuda-kuda

Nomor batang	Tarik (+) (kg)	Tekan (-) (kg)	Nomor batang	Tarik (+) (kg)	Tekan (-) (kg)
1	-	9060,1	12	-	2169,11
2	-	7498,34	13	1287,18	-
3	-	5638,07	14	-	1496,95
4	-	5682,26	15	417,13	-
5	-	7541,62	16	8405,5	-
6	-	9104,96	17	8429,3	-
7	415,75	-	18	6970,96	-
8	-	1580,91	19	6890,9	-
9	1324,17	-	20	8272,36	-
10	-	2279,03	21	8246,29	-
11	3822,47	-			

3.4. Perencanaan Profil Kuda- kuda

a. Perhitungan profil batang tarik

$$P_{\text{maks.}} = 8429,3 \text{ kg}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{2}{3} \times (\sigma_1 = 2400 \text{ kg/cm}^2) = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{\text{netto}} = \frac{P_{\text{maks.}}}{\sigma_{\text{ijin}}} = \frac{8429,3}{1600} = 5,27 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} F_{\text{bruto}} &= 1,15 \cdot F_{\text{netto}} \\ &= 1,15 \cdot 5,27 \text{ cm}^2 \\ &= 6,06 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba, menggunakan baja profil LRFD $\llcorner 50 \cdot 50 \cdot 5$

$$F = 2 \cdot 4,8 \text{ cm}^2 = 9,6 \text{ cm}^2. \text{ (} F = \text{ penampang profil)}$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\sigma = \frac{P_{\text{maks.}}}{0,85 \cdot F} = \frac{8429,3}{0,85 \cdot 9,6} = 1033 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma \leq 0,75 \sigma_{\text{ijin}}$$

$$1033 \text{ kg/cm}^2 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots \text{ aman !!}$$

b. Perhitungan profil batang tekan

$$P_{\text{maks.}} = 9104,96 \text{ kg}$$

$$lk = 1,53 \text{ m} = 153 \text{ cm}$$

Dicoba, menggunakan baja profil LRFD $\llcorner 50 \cdot 50 \cdot 5$

$$i_x = 1,51 \text{ cm}^4$$

$$F = 2 \cdot 4,8 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = \frac{lk}{i_x} = \frac{153}{1,51} = 101,32 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \lambda_g &= \pi \sqrt{\frac{E (2,1 \cdot 10^6)}{0,7 \cdot \sigma_{\text{leleh}}}} \dots\dots \text{dimana, } \sigma_{\text{leleh}} = 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 111 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} = \frac{101,32}{111} \\ &= 0,91 \end{aligned}$$

Karena $\lambda_s < 1,2$ maka :

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda s} \\ &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,91} \\ &= 1,44\end{aligned}$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_{\text{maks.}} \cdot \omega}{F} \\ &= \frac{9104,96 \cdot 1,44}{9,6} \\ &= 1365,74 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma \leq \sigma_{\text{ijin}}$$

$$1365,74 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{aman !!}$$

3.5. Perhitungan Alat Sambung

a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut (\varnothing) = 12,7 mm.

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung (δ) = $0,625 \cdot d = 0,625 \cdot 12,7 = 7,94$ mm.

Menggunakan tebal plat 8 mm

➤ Tegangan geser yang diijinkan

$$\begin{aligned}\text{Teg. Geser} &= 0,6 \cdot \sigma_{\text{ijin}} \\ &= 0,6 \cdot 1600 = 960 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

➤ Tegangan tumpuan yang diijinkan

$$\begin{aligned}\text{Teg. tumpuan} &= 1,5 \cdot \sigma_{\text{ijin}} \\ &= 1,5 \cdot 1600 = 2400 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

➤ Kekuatan baut :

$$\begin{aligned}\text{a) } P_{\text{geser}} &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \tau_{\text{geser}} \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (12,7)^2 \cdot 960 = 2430,96 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } P_{\text{desak}} &= \phi \cdot d \cdot \tau \text{ tumpuan} \\ &= 0,9 \cdot 1,27 \cdot 2400 = 2743,20 \text{ kg} \end{aligned}$$

P yang menentukan adalah $P_{\text{geser}} = 2430,96 \text{ kg}$.

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{\text{maks.}}}{P_{\text{geser}}} = \frac{9104,96}{2430,96} = 3,75$$

Digunakan : 4 buah baut.

Perhitungan jarak antar baut :

$$1,5 d \leq S_1 \leq 3 d$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil, } S_1 &= 2,5 d = 2,5 \cdot 1,27 \\ &= 3,175 \text{ cm} = 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$2,5 d \leq S_2 \leq 7 d$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil, } S_2 &= 5 d = 5 \cdot 1,27 \\ &= 6,35 \text{ cm} = 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Batang tarik

Digunakan alat sambung baut-mur.

Diameter baut (\emptyset) = 12,7 mm.

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung (δ) = $0,625 \cdot d = 0,625 \times 12,7 = 7,94 \text{ mm}$.

Menggunakan tebal plat 8 mm

➤ Tegangan geser yang diijinkan

$$\begin{aligned} \text{Teg. Geser} &= 0,6 \cdot \sigma \text{ ijin} \\ &= 0,6 \cdot 1600 = 960 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

➤ Tegangan tumpuan yang diijinkan

$$\begin{aligned} \text{Teg. tumpuan} &= 1,5 \cdot \sigma \text{ ijin} \\ &= 1,5 \cdot 1600 = 2400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kekuatan baut :

$$\begin{aligned} \text{a) } P_{\text{geser}} &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \tau_{\text{geser}} \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (127)^2 \cdot 960 \\ &= 2430,96 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } P_{\text{desak}} &= \phi \cdot d \cdot \tau_{\text{tumpuan}} \\ &= 0,9 \cdot 1,27 \cdot 2400 \\ &= 2743,20 \text{ kg} \end{aligned}$$

P yang menentukan adalah $P_{\text{geser}} = 2430,96 \text{ kg}$.

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{\text{maks.}}}{P_{\text{geser}}} = \frac{8429,3}{2430,96} = 3,47$$

Digunakan : 4 buah baut.

Perhitungan jarak antar baut :

$$1,5 d \leq S_1 \leq 3 d$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil, } S_1 &= 2,5 d = 2,5 \cdot 1,27 \\ &= 3,175 \text{ cm} = 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$2,5 d \leq S_2 \leq 7 d$$

$$\begin{aligned} \text{Diambil, } S_2 &= 5 d = 5 \cdot 1,27 \\ &= 6,35 \text{ cm} = 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tabel 3.6. Rekapitulasi perencanaan profil kuda-kuda utama

NomorBatang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
2	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
3	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
4	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
5	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
6	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
7	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
8	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
9	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
10	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
11	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
12	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
13	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
14	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
15	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
16	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
17	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
18	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
19	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
20	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7
21	┴ 50 . 50 . 5	4 Ø 12,7

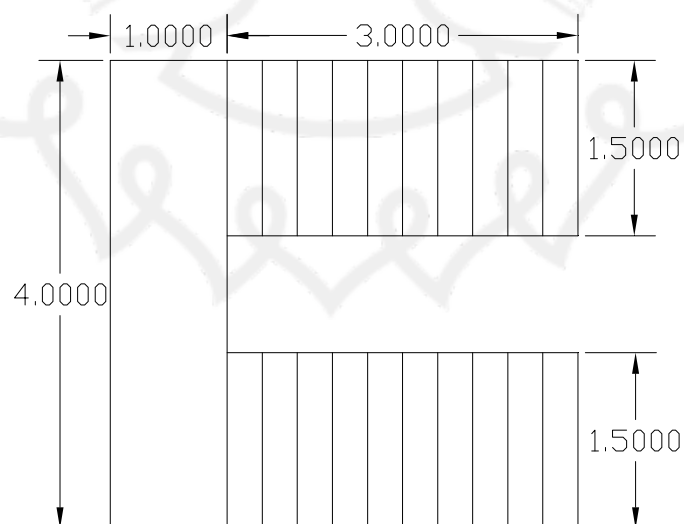
BAB 4

PERENCANAAN TANGGA

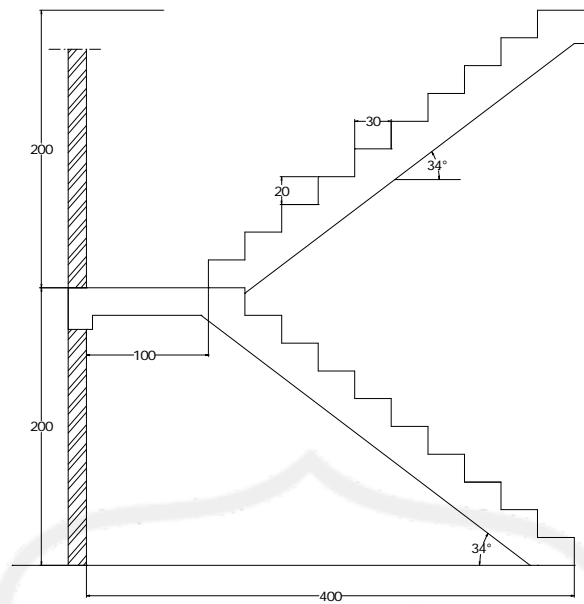
4.1. Uraian Umum

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat yang sangat penting sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Penempatan tangga pada struktur suatu bangunan sangat berhubungan dengan fungsi bangunan bertingkat yang akan dioperasikan. Pada bangunan umum, penempatan haruslah mudah diketahui dan terletak strategis untuk menjangkau ruang satu dengan yang lainnya, penempatan tangga harus disesuaikan dengan fungsi bangunan untuk mendukung kelancaran hubungan yang serasi antara pemakai bangunan tersebut.

4.2. Data Perencanaan Tangga



Gambar 4.1. Perencanaan Tangga.



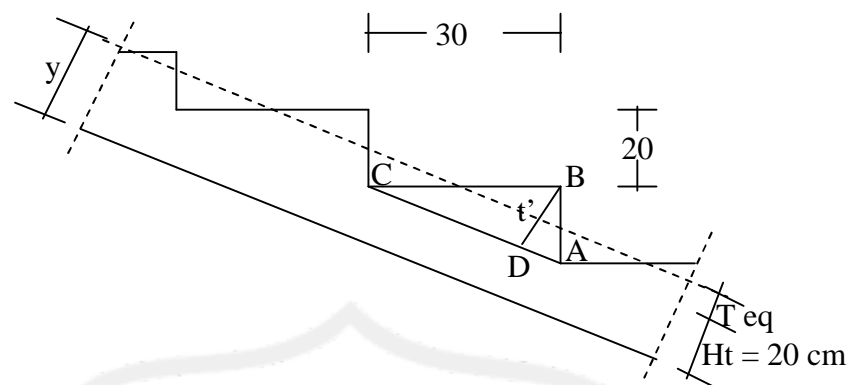
Gambar 4.2. Detail tangga.

Data – data tangga :

- Tebal plat tangga = 20 cm
- Tebal bordes tangga = 20 cm
- Lebar datar = 400 cm
- Lebar tangga rencana = 150 cm
- Dimensi bordes = 100 x 400 cm
- lebar antrade = 30 cm
- Jumlah antrede = $270 / 30 = 9$ buah
- Jumlah optrade = $9 + 1 = 10$ buah
- Tinggi optrede = $200 / 10 = 20$ cm
- $\alpha = \text{Arc.tg} (200/300) = 33,69 = 34 < 35 \dots \dots (\text{Ok})$

4.3. Perhitungan Tebal Plat Equivalen dan Pembebanan

4.3.1. Perhitungan Tebal Plat Equivalen



Gambar 4.3. Tebal equivalen.

$$\begin{aligned} \frac{BD}{AB} &= \frac{BC}{AC} \\ BD &= \frac{AB \times BC}{AC} \\ &= \frac{20 \times 30}{\sqrt{(20)^2 + (30)^2}} \\ &= 16,64 \text{ cm} \sim 17 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{eq} &= 2/3 \times BD \\ &= 2/3 \times 17 \\ &= 11,33 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi total equivalent plat tangga

$$\begin{aligned} Y &= t_{eq} + h_t \\ &= 11,33 + 20 \\ &= 31,33 \text{ cm} \\ &= 0,3133 \text{ m} \end{aligned}$$

4.3.2. Perhitungan Beban

a. Pembebanan Tangga (tabel 2 . 1 PPIUG 1983)

1. Akibat beban mati (qD)

Berat tegel keramik (1 cm)	= 0,01 x 1,5 x 2,4	= 0,036 ton/m
Berat spesi (2 cm)	= 0,02 x 1,5 x 2,1	= 0,063 ton/m
Berat plat tangga	= 0,3133 x 1,5 x 2,4	= 1,128 ton/m
Berat sandaran tangga	= 0,7 x 0,1 x 1,0	= 0,07 ton/m
		<u> </u> +
		qD = 1,297 ton/m

2. Akibat beban hidup (qL)

$$qL = 1,5 \times 0,300 \text{ ton/m}$$

$$= 0,45 \text{ ton/m}$$

3. Beban ultimate (qU)

$$qU = 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL$$

$$= 1,2 \cdot 1,297 + 1,6 \cdot 0,45$$

$$= 2,276 \text{ ton/m}$$

b. Pembebanan Bordes (**tabel 2 . 1 PPIUG 1983**)

1. Akibat beban mati (qD)

Berat tegel keramik (1 cm)	= 0,01 x 4,00 x 2,4	= 0,096 ton/m
Berat spesi (2 cm)	= 0,02 x 4,00 x 2,1	= 0,168 ton/m
Berat plat bordes	= 0,20 x 4,00 x 2,4	= 1,92 ton/m
Berat sandaran tangga	= 0,7 x 0,1 x 1,0	= 0,07 ton/m
		<u> </u> +
		qD = 2,254 ton/m

2. Akibat beban hidup (qL)

$$qL = 4,00 \times 0,300 \text{ ton/m}$$

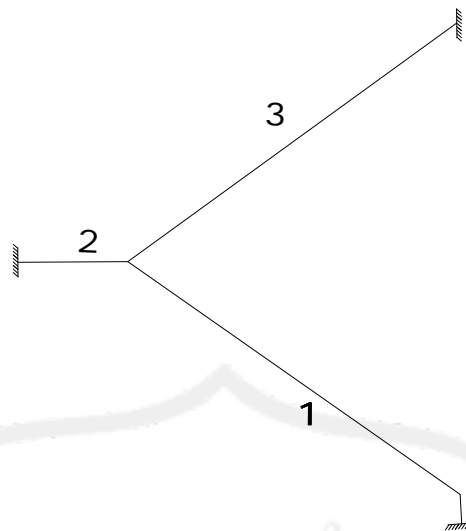
$$= 1,2 \text{ ton/m}$$

3. Beban ultimate (qU)

$$qU = 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL$$

$$= 1,2 \cdot 2,254 + 1,6 \cdot 1,2 = 4,625 \text{ ton/m.}$$

Perhitungan analisa struktur tangga menggunakan Program SAP 2000 tumpuan di asumsikan jepit, jepit, jepit seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.4. Rencana tumpuan tangga.

4.4. Perhitungan Tulangan Tangga dan Bordes

4.4.1. Perhitungan Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 200 - 40 \\ &= 160 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh M_u :

$$M_u = 2450,32 \text{ kgm} = 2,45032 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,45032 \cdot 10^7}{0,8} = 3,0629 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

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

$$= \frac{0,85.25}{360} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0314$$

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

$$= 0,0235$$

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{3,0629 \cdot 10^7}{1500 \cdot (160)^2} = 0,80 \text{ N/mm}$$

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

$$= \frac{1}{16,94} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 0,80}{360}} \right)$$

$$= 0,0023$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{ada}}$$

$$< \rho_{\max}$$

$$\text{di pakai } \rho_{\min} = 0,0025$$

$$A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0025 \times 1500 \times 160$$

$$= 600 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai tulangan } \varnothing 12 \text{ mm} = \frac{1}{4} \cdot \pi \times 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{600}{113,04} = 5,30 \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan 1 m} = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \sim 200 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\varnothing 12 \text{ mm} - 200 \text{ mm}$

$$A_s \text{ yang timbul} = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= 678,24 \text{ mm}^2 > A_s \text{ Aman Ok!}$$

4.4.2. Perhitungan Tulangan Lapangan

$$M_u = 1190,35 \text{ kgm} = 1,19035 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,19035 \cdot 10^7}{0,8} = 1,4879 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{360} \cdot \beta_1 \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\ &= 0,0314 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,0235 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1,4879 \cdot 10^7}{1500 \cdot (160)^2} = 0,39 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 0,39}{360}} \right) \\ &= 0,0011 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ada}} &< \rho_{\min} \\ &< \rho_{\max} \end{aligned}$$

$$\text{di pakai } \rho_{\min} = 0,0025$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0025 \times 1500 \times 160 \\ &= 600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai tulangan } \varnothing 12 \text{ mm} = \frac{1}{4} \cdot \pi \times 12^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

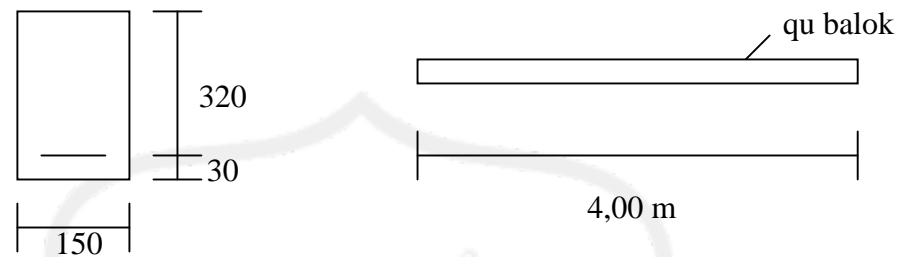
$$\text{Jumlah tulangan dalam 1 m} = \frac{600}{113,04} = 5,30 \approx 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan 1 m} = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \sim 200 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\varnothing 12 \text{ mm} - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{As yang timbul} &= 6 \cdot \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 678,24 \text{ mm}^2 > \text{AsAman Ok!} \end{aligned}$$

4.5. Perencanaan Balok Bordes



Data perencanaan:

$$\begin{aligned} h &= 350 \text{ mm} \\ b &= 150 \text{ mm} \\ d' &= 30 \text{ mm} \\ d &= h - d' \\ &= 350 - 30 \\ &= 320 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.5.1. Pembebanan Balok Bordes

➤ Beban mati (qD)

Berat sendiri	$= 0,15 \times 0,35 \times 2400$	$= 126 \text{ kg/m}$
Berat dinding	$= 0,15 \times 2 \times 1700$	$= 510 \text{ kg/m}$
Berat plat bordes	$= 0,20 \times 4 \times 2400$	$= 1920 \text{ kg/m}$
		<hr/>
		$qD = 2556 \text{ kg/m}$

➤ Akibat beban hidup (qL)

$$qL = 300 \text{ kg/m}$$

- Beban ultimate (qU)

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qI \\ &= 1,2 \cdot 2556 + 1,6 \cdot 300 \\ &= 3547,2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban reaksi bordes

$$\begin{aligned} qU &= \frac{\text{Reaksi bordes}}{\text{lebar bordes}} \\ &= \frac{0,5 \cdot 3547,2 \cdot 4}{4} \\ &= 1773,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

4.5.2. Perhitungan tulangan lentur

$$\begin{aligned} M_u &= 1/11 \cdot qU \cdot L^2 = 1/11 \cdot 3547,2 \cdot (4)^2 = 5159,56 \text{ kgm} \\ &= 5,15956 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5,15956 \cdot 10^7}{0,8} = 6,45 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{360} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\ &= 0,0314 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,0235 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{6,45 \cdot 10^7}{150 \cdot (320)^2} = 4,20 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned}\rho_{ada} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 4,20}{360}} \right) \\ &= 0,0131\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{ada} &< \rho_{max} \\ &> \rho_{min}\end{aligned}$$

di pakai $\rho_{ada} = 0,0131$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{ada} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0131 \times 150 \times 320 \\ &= 628,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Dipakai tulangan } \varnothing 13 \text{ mm} = \frac{1}{4} \cdot \pi \times (13)^2 = 132,67 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{628,8}{132,67} = 4,74 \approx 5 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}\text{As yang timbul} &= 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 663,35 \text{ mm}^2 > A_s \dots\dots\dots \text{Aman Ok!}\end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan 5 \varnothing 13 mm

4.5.3 Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot 3547,2 \cdot 4,00 = 7094,4 \text{ kg} = 70944 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}V_c &= \frac{1}{6} \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f_c} \\ &= \frac{1}{6} \cdot 150 \cdot 320 \cdot \sqrt{25} \\ &= 40000 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing V_c &= 0,6 \cdot V_c \\ &= 24000 \text{ N}\end{aligned}$$

$$3\varnothing V_c = 3 \cdot 24000$$

$$= 72000 \text{ N}$$

$$\phi V_c < V_u < 3\phi V_c$$

Jadi diperlukan tulangan geser

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

$$= 70944 - 24000 = 46944 \text{ N}$$

$$V_s \text{ perlu} = \phi V_s / \phi = \frac{46944}{0,6} = 78240 \text{ N}$$

$$\text{Dipakai sengkang } \phi 8 \text{ mm} = \frac{1}{4} \cdot \pi \times 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 2 \times 50,24$$

$$= 100,48 \text{ mm}^2$$

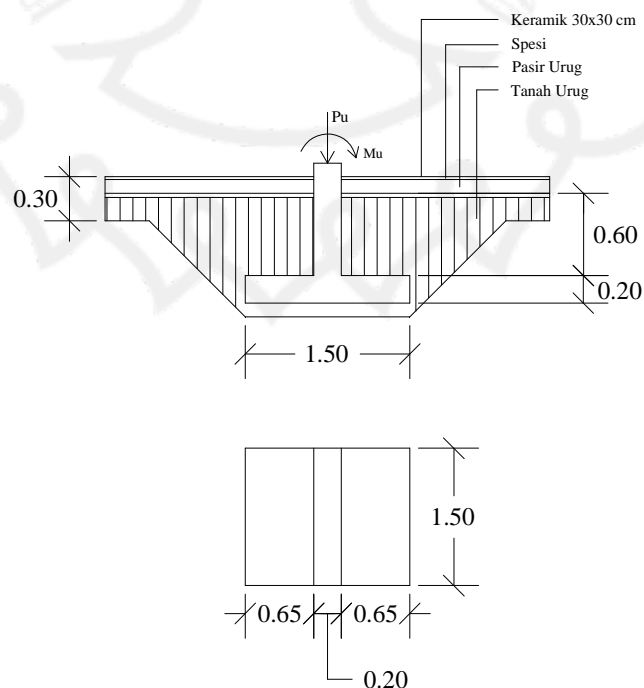
$$\text{Jarak sengkang} = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{V_s \cdot \text{perlu}}$$

$$= \frac{100,48 \cdot 240 \cdot 320}{78240}$$

$$= 98,63 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan $\phi 8 - 100 \text{ mm}$

4.6. Perhitungan Pondasi Tangga



Gambar 4.3. Pondasi Tangga

Direncanakan pondasi telapak dengan kedalaman 1 m, panjang 1,5 m dan 1,5 m

- Tebal = 20 cm
- Ukuran alas = 1500 x 1500 mm
- γ tanah = 1,7 t/m³ = 1700 kg/m³
- σ tanah = 1,5 kg/cm² = 15000 kg/m²
- Pu = 10509,71 kg
- Mu = 2450,32 kgm
- Cek ketebalann = $d \geq \frac{Pu}{\phi \cdot 1/6 \cdot \sqrt{fc} \cdot b} = \frac{10509,71}{0,6 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 1500}$
= 14,01 cm = 150 mm
- Tebal telapak = 150 + 50 = 200 mm = 20 cm

4.6.1. Perencanaan kapasitas dukung pondasi

➤ Perhitungan kapasitas dukung pondasi

➤ Pembebanan pondasi

Berat telapak pondasi	= 1,5 x 1,5 x 0,20 x 2400	= 1080 kg
Berat tanah	= 2 (0,65 x 1,5 x 0,8) x 1700	= 2652 kg
Berat kolom	= 0,20 x 1,5 x 0,8 x 2400	= 576 kg
Pu		= 10509,71 kg ₊
	Vtot	= 14817,71 kg

$$\sigma_{\text{yang terjadi}} = \frac{V_{\text{tot}}}{A} + \frac{M_{\text{tot}}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot L^2}$$

$$\sigma_{\text{tanah 1}} = \frac{14817,71}{1,5 \cdot 1,5} + \frac{2450,32}{1/6 \cdot 1,5 \cdot (1,5)^2} = 10941,77 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_{\text{tanah 2}} = \frac{14817,71}{1,5 \cdot 1,5} - \frac{2450,32}{1/6 \cdot 1,5 \cdot (1,5)^2} = 2229,52 \text{ kg/m}^2$$

$$= 10941,77 \text{ kg/m}^2 < 15000 \text{ kg/m}^2$$

$$= \sigma_{\text{yang terjadi}} < \sigma_{\text{ijin tanah}} \dots \dots \dots \text{Aman Ok!}$$

4.6.2. Perhitungan Tulangan Lentur

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 10941,77 \cdot (0,65)^2 = 2311,45 \text{ kg/m} \\ &= 2,31145 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{2,31145 \cdot 10^7}{0,8} = 2,890 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot 25} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25}{360} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\ &= 0,0314 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,0235 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{2,890 \cdot 10^7}{1500 \cdot (150)^2} = 0,86$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 0,86}{360}} \right) \\ &= 0,0024 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$$

dipakai $\rho_{\min} = 0,0039$

- **Untuk Arah Sumbu Panjang dan Pendek adalah : Sama**

$$\begin{aligned} A_s_{\text{perlu}} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0039 \cdot 1500 \cdot 150 \\ &= 877,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{digunakan tul } \varnothing 16 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (16)^2 \end{aligned}$$

$$= 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{877,5}{200,96} = 4,37 \sim 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan } 1 \text{ m}^2 = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As yang timbul} &= 5 \times 200,96 \\ &= 1004,8 > \text{As} \dots \dots \dots \text{ Aman Ok!} \end{aligned}$$

Jadi dipakai tulangan $\varnothing 16 - 200 \text{ mm}$

4.6.3. Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= \sigma \times A_{\text{efektif}} \\ &= 10941,77 \times (0,2 \times 1,5) \\ &= 3282,53 \text{ kg} = 32825,3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &= 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 1500 \cdot 150 \\ &= 187500 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varnothing V_c &= 0,6 \cdot V_c \\ &= 112500 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \cdot \varnothing V_c &= 3 \cdot 112500 \\ &= 337500 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < \varnothing V_c < 3 \varnothing V_c$$

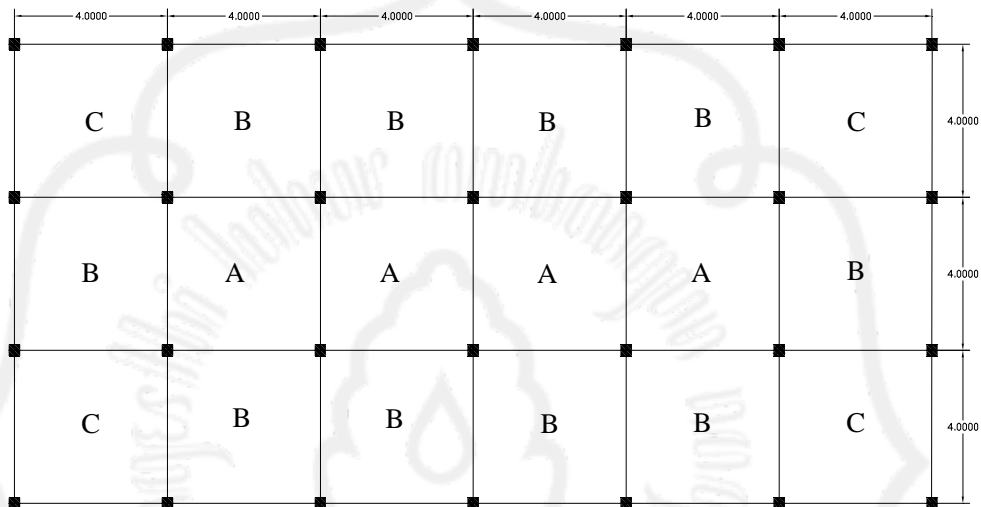
Jadi tidak diperlukan tulangan geser

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan $\varnothing 8 - 200 \text{ mm}$

BAB 5

PLAT LANTAI

5.1. Perencanaan Pelat Lantai



Gambar 5.1 Denah Plat lantai

5.2. Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai

a. Beban Hidup (q_L)

Berdasarkan PPIUG untuk gedung 1983 yaitu :

Beban hidup fungsi gedung untuk puskesmas = 250 kg/m^2

b. Beban Mati (q_D)

Berat plat sendiri	= 0,12 x 2400 x1	= 288 kg/m
Berat keramik (1 cm)	= 0,01 x 2400 x1	= 24 kg/m
Berat Spesi (2 cm)	= 0,02 x 2100 x1	= 42 kg/m
Berat Pasir (2 cm)	= 0,02 x 1600 x1	= 32 kg/m
Berat plafond dan instalasi listrik		= 25 kg/m
		+ qD = 411 kg/m

c. Beban Ultimate (qU)

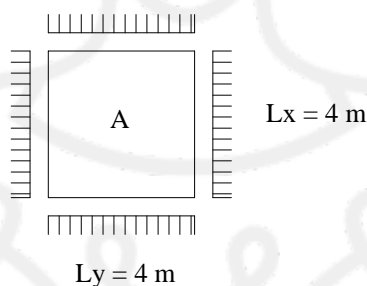
Untuk tinjauan lebar 1 m pelat maka :

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= 1,2 \cdot 411 + 1,6 \cdot 250 \\ &= 893,2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

5.3. Perhitungan Momen

Perhitungan momen menggunakan tabel PPIUG 1983.

a. Tipe pelat A



$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4}{4} = 1,0$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \times 893,2 \times (4)^2 \cdot 21 = 300,115 \text{ kg m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \times 893,2 \times (4)^2 \cdot 21 = 300,115 \text{ kg m}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \times 893,2 \times (4)^2 \cdot 52 = 743,142 \text{ kg m}$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \times 893,2 \times (4)^2 \cdot 52 = 743,142 \text{ kg m}$$

Perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 5.1. Perhitungan Plat Lantai

TIPE PLAT	L_y/L_x (m)	M_{lx} (kgm)	M_{ly} (kgm)	M_{tx} (kgm)	M_{ty} (kgm)
A	$4/4 = 1,0$	300,115	300,115	743,142	743,142
B	$4/4 = 1,0$	300,115	371,571	786,016	857,472
C	<u>$4/4 = 1,0$</u>	<u>400,154</u>	<u>400,154</u>	<u>971,801</u>	<u>971,801</u>

Dari perhitungan momen diambil momen terbesar yaitu:

$$M_{lx} = 400,154 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 400,154 \text{ kgm}$$

$$M_{tx} = 971,801 \text{ kgm}$$

$$M_{ty} = 971,801 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} \text{Data : Tebal plat (h)} &= 1/27 \times L \\ &= 1/27 \times 4 \\ &= 0,14 \text{ m} = 140 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Tebal penutup (d')} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan (} \emptyset \text{)} = 10 \text{ mm}$$

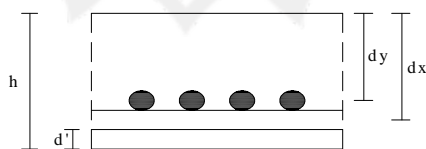
$$b = 1000$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tinggi Efektif (d)} = h - d' = 140 - 20 = 120 \text{ mm}$$

Tinggi efektif



Gambar 5.2 Perencanaan Tinggi Efektif

$$\begin{aligned} dx &= h - d' - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 140 - 20 - 5 = 115 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - d' - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 140 - 20 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \cdot \beta \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 25}{240} \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\
 &= 0,054 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,040 \\
 \rho_{\min} &= 0,0025 \text{ (untuk pelat)} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 25} = 11,29
 \end{aligned}$$

5.4. Perhitungan Penulangan

5.4.1. Perhitungan Penulangan Lapangan

➤ Penulangan lapangan arah x

$$M_u = 400,154 \text{ kgm} = 4,00154 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4,00154 \cdot 10^6}{0,8} = 5,002 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{5,002 \cdot 10^6}{1000 \cdot (115)^2} = 0,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,29} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 0,38}{240}} \right) \\
 &= 0,0016
 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\max}$$

$$\rho < \rho_{\min}, \text{ di pakai } \rho_{\min} = 0,0025$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} b \cdot d \\ &= 0,0025 \cdot 1000 \cdot 115 \\ &= 287,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan } \varnothing 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{287,5}{78,5} = 3,66 \sim 4 \text{ buah.}$$

$$\text{Jarak tulangan dalam } 1 \text{ m}^2 = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2 \times h = 2 \times 140 = 280 \text{ mm}$$

$$\text{As yang timbul} = 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 314 > A_s \dots\dots \text{ Aman Ok!}$$

Jadi dipakai tulangan $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

➤ **Penulangan lapangan arah y**

Penulangan lapangan arah y = penulangan lapangan arah x

Jadi dipakai tulangan $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

5.4.2. Perhitungan Penulangan Tumpuan

➤ **Penulangan tumpuan arah x**

$$M_u = 971,801 \text{ kgm} = 9,71801 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{9,71801 \cdot 10^6}{0,8} = 12,147 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{12,147 \cdot 10^6}{1000 \cdot (115)^2} = 0,92 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 11,29 \cdot 0,92}{240}} \right) \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\max}$$

$\rho > \rho_{\min}$, di pakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,003$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,003 \cdot 1000 \cdot 115 \\ &= 345 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan tulangan } \varnothing 10 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{345}{78,5} = 4,39 \sim 5 \text{ buah.}$$

$$\text{Jarak tulangan dalam } 1 \text{ m}^2 = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2 \times h = 2 \times 140 = 280 \text{ mm}$$

$$\text{As yang timbul} = 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2 = 392,85 > A_s \dots\dots \text{Aman Ok!}$$

Jadi dipakai tulangan $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

➤ **Penulangan tumpuan arah y**

Penulangan tumpuan arah y = penulangan tumpuan arah x

Jadi dipakai tulangan $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$

5.5. Rekapitulasi Tulangan

Dari perhitungan diatas diperoleh :

Tulangan lapangan arah x, **dipakai $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$**

Tulangan lapangan arah y, **dipakai $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$**

Tulangan tumpuan arah x, **dipakai $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$**

Tulangan tumpuan arah y, **dipakai $\varnothing 10 - 200 \text{ mm}$**

Tabel 5.2. Penulangan Plat Lantai

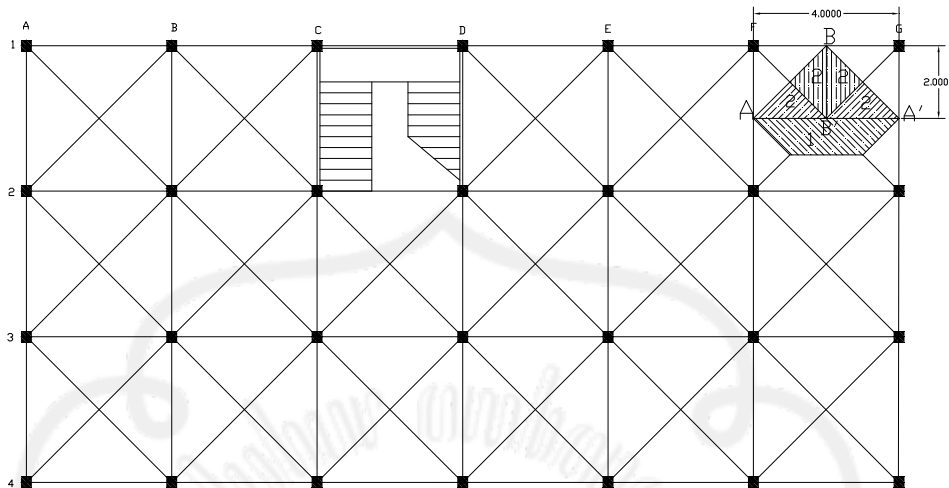
TIPE	Momen				Tul. Lapangan		Tul. Tumpuan	
	Mlx	Mly	Mtx	Mty	Arah x	Arah y	Arah x	Arah y

PLAT	(kgm)	(kgm)	(kgm)	(kgm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
A	300,115	300,115	743,142	743,142	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-100
B	300,115	371,571	786,016	857,472	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-100
C	400,154	400,154	971,801	971,801	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-100



BAB 6

PERENCANAAN BALOK ANAK



Gambar 6.1. Denah balok anak

6.1. Beban Plat Lantai

➤ Beban Mati (qD)

Berat plat sendiri = $0,12 \times 2400 \times 1$ = 288 kg/m

Berat keramik (1 cm) = $0,01 \times 2400 \times 1$ = 24 kg/m

Berat Spesi (2 cm) = $0,02 \times 2100 \times 1$ = 42 kg/m

Berat Pasir (2 cm) = $0,02 \times 1600 \times 1$ = 32 kg/m

Berat plafond dan instalasi listrik = 25 kg/m

qD = 411 kg/m

➤ Beban Hidup (qL)

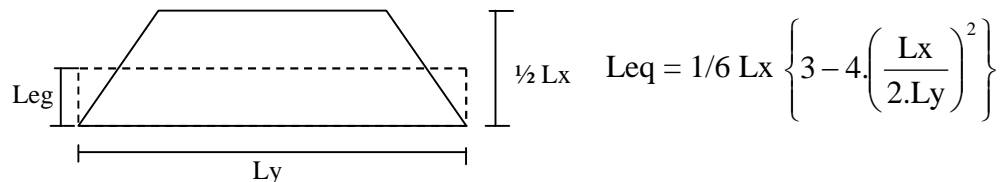
Berdasarkan PPIUG untuk gedung 1983 yaitu :

Beban hidup fungsi gedung untuk puskesmas = 250 kg/m²

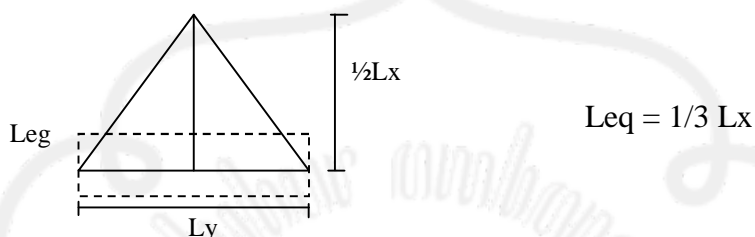
6.2. Analisa Pembebanan Balok Anak

Untuk mengubah beban segitiga dan beban trapesium dari pelat menjadi beban merata pada bagian balok, maka beban pelat harus diubah menjadi beban *equivalent* yang besarnya dapat ditentukan sebagai berikut :

1) Lebar Equivalent Tipe I



2) Lebar Equivalent Tipe II



6.2.1. Lebar Equivalent Balok Anak

a. Balok anak 1 (A-A')

Lebar Equivalent Trapesium

Dimana $Lx = 2 \text{ m}$, $Ly = 4 \text{ m}$.

$$\begin{aligned} Leq \text{ I} &= \frac{1}{6} \cdot 2 \cdot \left[3 - 4 \left(\frac{2}{2 \cdot 4} \right)^2 \right] \\ &= 0,92 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Balok anak 2 (B-B')

Lebar Equivalent Segitiga

Dimana $Lx = 2 \text{ m}$, $Ly = 2 \text{ m}$.

$$\begin{aligned} Leq \text{ II} &= \frac{1}{3} \cdot 2 \\ &= 0,67 \text{ m} \end{aligned}$$

6.3. Perhitungan Pembebanan Balok Anak

Data : Penentuan Dimensi Balok Anak

► Balok Anak As A-A'

$$h = 1/10 \cdot L$$

► Balok Anak As B-B'

$$h = 1/10 \cdot L$$

$$= 1/10 \cdot 4000$$

$$= 400 \text{ mm}$$

$$b = 1/2 \cdot L$$

$$= 1/2 \cdot 4000$$

$$= 2000 \text{ mm}$$

Jadi dipakai: $h = 400 \text{ mm}$
 $b = 200 \text{ mm}$

$$= 1/10 \cdot 2000$$

$$= 200 \approx 300 \text{ mm}$$

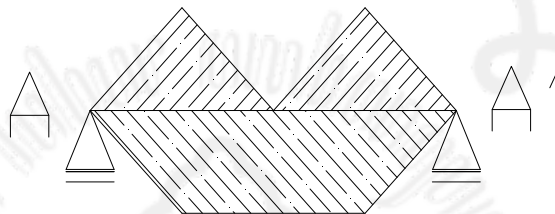
$$b = 1/2 \cdot L$$

$$= 1/2 \cdot 2000$$

$$= 1000 \approx 200 \text{ mm}$$

Jadi dipakai: $h = 300 \text{ mm}$
 $b = 200 \text{ mm}$

6.3.1. Pembebanan Balok Anak As A-A'



Gambar 6.2 Pembebanan Balok Anak As A-A'

➤ **Beban Mati (qD)**

Pembebanan balok elemen A-A'

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,2 \cdot (0,4 - 0,12) \cdot 2400 = 134,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 \cdot (4 - 0,3) \cdot 1700 = 943,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = (0,92 + 0,67) \cdot 411 = \underline{397,5 \text{ kg/m}}$$

$$qD = 1475,4 \text{ kg/m}$$

➤ **Beban hidup (qL)**

Beban hidup digunakan 250 kg/m^2

$$qL = (0,92 + 0,67) \times 250 \text{ kg/m}^2$$

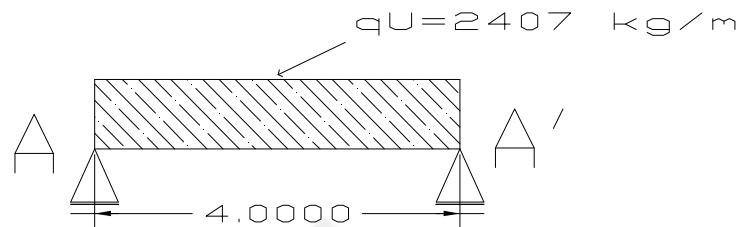
$$= 397,5 \text{ kg/m}$$

➤ **Beban berfaktor (qU)**

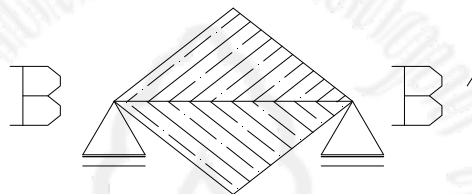
$$qU = 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL$$

$$= 1,2 \times 1475,4 + 1,6 \times 397,5$$

$$= 2406,48 \text{ kg/m}$$



6.3.2. Pembebanan Balok Anak As B-B'



Gambar 6.3 Pembebanan Balok Anak As B-B'

➤ **Beban Mati (qD)**

Pembebanan balok elemen B-B'

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,15 \cdot (0,2 - 0,12) \cdot 2400 = 28,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 \cdot (4 - 0,3) \cdot 1700 = 943,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = (2 \cdot 0,67) \cdot 411 = \underline{550,74 \text{ kg/m}}$$

$$qD = 1523,04 \text{ kg/m}$$

➤ **Beban hidup (qL)**

Beban hidup digunakan 250 kg/m^2

$$qL = (2 \cdot 0,67) \times 250 \text{ kg/m}^2$$

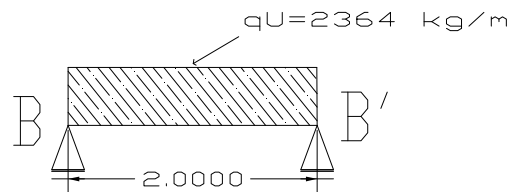
$$= 335 \text{ kg/m}$$

➤ **Beban berfaktor (qU)**

$$qU = 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL$$

$$= 1,2 \times 1523,04 + 1,6 \times 335$$

$$= 2363,65 \text{ kg/m}$$



6.4. Perhitungan Tulangan Balok Anak

6.4.1. Perhitungan Tulangan Balok Anak As A-A'

1. Tulangan Lentur Balok Anak

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned} h &= 400 \text{ mm} & \varnothing_t &= 13 \text{ mm} \\ b &= 200 \text{ mm} & \varnothing_s &= 8 \text{ mm} \\ p &= 40 \text{ mm} & d &= h - p - 1/2 \varnothing_t - \varnothing_s \\ f_y &= 360 \text{ Mpa} & &= 400 - 40 - 1/2 \cdot 13 - 8 \\ f_{ys} &= 240 \text{ Mpa} & &= 346 \text{ mm} \\ f'_c &= 25 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 360} \right)}{360}$$

$$= 0,0314$$

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

$$= 0,75 \cdot 0,0314$$

$$= 0,0235$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

➤ **Penulangan daerah lapangan**

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 3130,45 \text{ kgm} = 3,13045 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3,13045 \cdot 10^7}{0,8} = 4,138 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4,138 \cdot 10^7}{200 \cdot 346^2} = 1,73$$

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

$$= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 1,73}{360}} \right) = 0,0050$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

Digunakan $\rho = 0,0050$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0050 \cdot 200 \cdot 346 \\ &= 346 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 13$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 13^2} = \frac{346}{132,67} = 2,61 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 3 \times 132,67 = 398,01$$

$\text{As}' > \text{As} \dots \dots \dots \text{Aman Ok !}$

Jadi dipakai tulangan 3 $\emptyset 13$ mm

➤ **Penulangan daerah Tumpuan**

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 4751,30 \text{ kgm} = 4,75130 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4,75130 \cdot 10^7}{0,8} = 5,939 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{5,939 \cdot 10^7}{200 \cdot 346^2} = 2,48$$

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

$$= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 2,48}{360}} \right) = 0,0073$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$$\rho < \rho_{\max} \rightarrow \text{dipakai tulangan tunggal}$$

$$\text{Digunakan } \rho = 0,0073$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0073 \cdot 200 \cdot 346 \\ &= 505,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 13$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 13^2} = \frac{505,16}{132,67} = 3,81 \approx 4 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 4 \times 132,67 = 530,68$$

$$\text{As}' > \text{As} \dots \dots \dots \text{Aman Ok !}$$

$$a = \frac{\text{As}' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{530,68 \cdot 360}{0,85 \cdot 25 \cdot 200} = 44,95$$

$$\begin{aligned} \text{Mn ada} &= \text{As}' \cdot f_y (d - a/2) \\ &= 530,68 \cdot 360 (346 - 44,95/2) \\ &= 6,1807 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

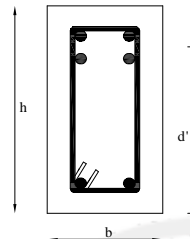
$$\text{Mn ada} > \text{Mn} \rightarrow \text{Aman..!!}$$

Jadi dipakai tulangan 4 $\emptyset 13$ mm

$$\begin{aligned} \text{Cek jarak} &= \frac{b - 2p - 2\phi_s - \phi_t}{(n - 1)} \\ &= \frac{200 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 8 - 4 \cdot 13}{(4 - 1)} \\ &= 17,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena cek jarak menghasilkan < 25 mm, sehingga menggunakan tulangan dua lapis, dan dipakai d' .

$$\begin{aligned} d' &= h - p - \emptyset_s - \emptyset_t - \frac{1}{2} \cdot \text{spasi tulangan} \\ &= 400 - 40 - 8 - 13 - \frac{1}{2} \cdot 40 \\ &= 319 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} M_n \text{ ada} &= A_s' \cdot f_y (d' - a/2) \\ &= 530,68 \cdot 360 (319 - 44,95/2) \\ &= 5,972 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n \text{ ada} > M_n \rightarrow \text{Aman..!!}$$

2. Tulangan Geser Balok anak

Dari perhitungan **SAP 2000** Diperoleh :

$$V_u = 6372,15 \text{ kg} = 63721,5 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 400 - 40 - \frac{1}{2} (8) = 356 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 356 = 59333,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_c &= 0,6 \cdot 59333,33 \text{ N} \\ &= 35600 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \emptyset V_c &= 3 \cdot 35600 \\ &= 106800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_c < V_u < 3 \emptyset V_c$$

Jadi diperlukan tulangan geser

$$\begin{aligned} \emptyset V_s &= V_u - \emptyset V_c \\ &= 63721,5 - 35600 = 28121,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\phi V_s}{0,6} = \frac{28121,5}{0,6} = 46869,17 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi (8)^2 \\ = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 64 = 100,48 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{100,48 \cdot 240 \cdot 356}{46869,17} = 183,17 \text{ mm}$$

$$s \text{ max} = d/2 = \frac{356}{2} = 178 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan $\emptyset 8 - 100 \text{ mm}$

6.4.2. Perhitungan Tulangan Balok Anak As B-B'

1. Tulangan Lentur Balok Anak

Data Perencanaan :

$$h = 300 \text{ mm} \qquad \emptyset_t = 13 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm} \qquad \emptyset_s = 8 \text{ mm}$$

$$p = 40 \text{ mm} \qquad d = h - p - 1/2 \emptyset_t - \emptyset_s$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa} \qquad = 300 - 40 - \frac{1}{2} \cdot 13 - 8$$

$$f_{ys} = 240 \text{ Mpa} \qquad = 246 \text{ mm}$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{360} \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\ = 0,0314$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_b \\ = 0,75 \cdot 0,0314 \\ = 0,0235$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

➤ Penulangan Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 419,21 \text{ kgm} = 4,1921 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4,1921 \cdot 10^6}{0,8} = 5,240 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{5,240 \cdot 10^6}{200 \cdot 246^2} = 0,43$$

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

$$= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 0,43}{360}} \right) = 0,0012$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$ dipakai tulangan tunggal

Digunakan $\rho_{\min} = 0,0039$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0039 \cdot 200 \cdot 246 \\ &= 191,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 13$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 13^2} = \frac{191,88}{132,67} = 1,45 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$A_s' = 2 \times 132,67 = 265,34$$

$A_s' > A_s \dots \dots \dots$ Aman Ok !

Jadi dipakai tulangan 2 $\emptyset 13$ mm

➤ Penulangan Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 838,42 \text{ kgm} = 8,3842 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{8,3842 \cdot 10^6}{0,8} = 10,480 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{10,480 \cdot 10^6}{200 \cdot 246^2} = 0,87$$

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

$$= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 0,87}{360}} \right) = 0,0025$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$ dipakai tulangan tunggal

$$\text{Digunakan } \rho_{\min} = 0,0039$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0039 \cdot 200 \cdot 246 \\ &= 191,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 13$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 13^2} = \frac{191,88}{132,67} = 1,45 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 2 \times 132,67 = 265,34$$

$\text{As}' > \text{As} \dots \dots \dots$ Aman Ok !

Jadi dipakai tulangan 2 $\emptyset 13$ mm

2. Tulangan Geser Balok anak

Dari perhitungan **SAP 2000** Diperoleh :

$$V_u = 2515,27 \text{ kg} = 25152,7 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 300 - 40 - \frac{1}{2} (8) \\ &= 256 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 256$$

$$= 42666,67 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 42666,67 \text{ N}$$

$$= 25600 \text{ N}$$

$$3 \phi V_c = 3 \cdot 25600$$

$$= 76800 \text{ N}$$

$$V_u < \phi V_c < 3 \phi V_c$$

Tidak diperlukan tulangan geser

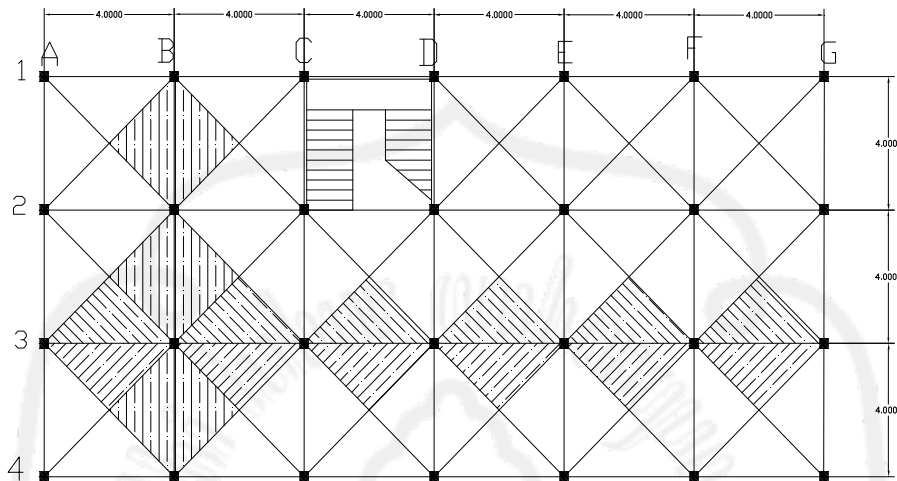
Jadi dipakai sengkang dengan tulangan $\phi 8 - 200 \text{ mm}$



BAB 7

PORTAL

7.1. Perencanaan Portal



Gambar 7.1. Area Pembebanan Portal

7.1.1. Menentukan Dimensi Perencanaan Portal

Pembatasan Ukuran Balok Portal

Berdasarkan SK SNI T 15-1991-03 pasal 3.14.4 tentang pembatasan dimensi balok portal dan kolom sebagai berikut :

$$\frac{L}{16} = \frac{4000}{16} = 250mm$$

$$\frac{L}{8} = \frac{800}{8} = 100mm$$

$$\frac{L}{16} = \frac{4000}{16} = 250mm$$

$$\frac{L}{8} = \frac{800}{8} = 100mm$$

Ukuran balok : $h = \frac{1}{12} \cdot L$

$$= \frac{1}{12} \cdot 4000 = 333,33 \sim 400 \text{ mm}$$

$$b = \frac{1}{2} \cdot h$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 400 = 200 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi balok portal : 200 mm x 400 mm

7.1.2. Ukuran penampang kolom

Untuk penampang kolom harus memenuhi sebagai berikut :

$$1) bc \geq 300 \qquad 2) \frac{bc}{hc} \geq 0,4 \qquad 3) \frac{Lcn}{bc} \leq 16$$

Dimana :

bc = lebar kolom

Lcn = Tinggi bersih kolom

hc = Tinggi Kolom

Dimensi kolom direncanakan 300 x 300 mm

7.1.3. Perencanaan Pembebanan

Dalam perhitungan portal, berat sendiri balok dimasukkan dalam perhitungan (input) SAP 2000, sedangkan beberapa pembebanan yang lain adalah sebagai berikut :

d. Plat Lantai

$$\text{Berat plat sendiri} = 0,12 \times 2400 \times 1 = 288 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat keramik (1 cm)} = 0,01 \times 2400 \times 1 = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Spesi (2 cm)} = 0,02 \times 2100 \times 1 = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Pasir (2 cm)} = 0,02 \times 1600 \times 1 = 32 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat plafond dan instalasi listrik} = 25 \text{ kg/m}$$

$$qD = \underline{\underline{411 \text{ kg/m}}}$$

7.1.4. Perhitungan Beban Equivalent Plat

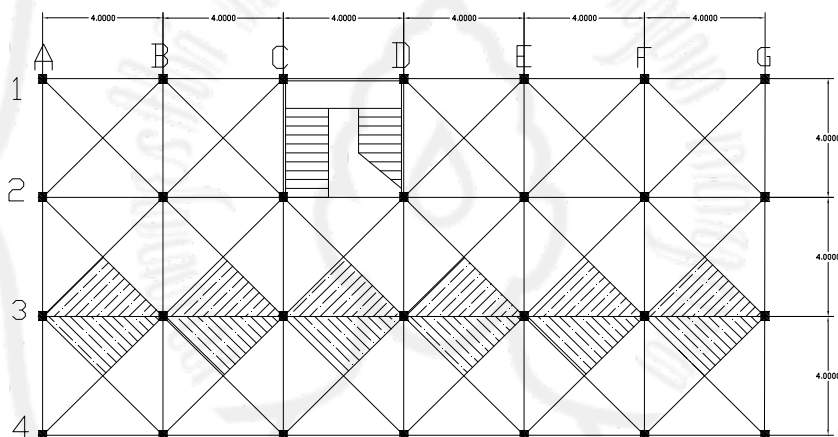
$$\text{Pelat type I Leq} = \frac{1}{3} \cdot Lx$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 4,0 = 1,33$$

$$\begin{aligned} \text{Pelat type II Leq} &= \frac{1}{3} \cdot Lx \\ &= \frac{1}{3} \cdot 2,0 = 0,67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pelat type III Leq} &= \frac{1}{6} Lx \left(3 - 4 \left(\frac{Lx}{2Ly} \right)^2 \right) \\ &= \frac{1}{6} \cdot 2,0 \left(3 - 4 \left(\frac{2,0}{2 \cdot 4,0} \right)^2 \right) = 0,92 \end{aligned}$$

7.2. Perencanaan Portal Memanjang



7.2.1. Perhitungan Pembebanan Balok Portal Memanjang

Pada perhitungan pembebanan balok induk memanjang diambil satu perencanaan sebagai acuan penulangan balok utama.

Perencanaan tersebut pada balok **As A3 – G3**

1. Pembebanan balok portal A3 – G3

- a. Pembebanan balok induk element (A3 – B3 = B3 – C3 = C3 – D3 = D3 – E3 = E3 – F3 = F3 – G3)

➤ Beban Mati (qD)

$$\begin{aligned}
 \text{Beban sendiri balok} &= 0,2 \cdot (0,4 - 0,12) \cdot 2400 &= 134,4 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat dinding} &= 0,15 \cdot (4 - 0,3) \cdot 1700 &= 943,5 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat pelat lantai} &= (2 \times 1,33) \cdot 411 &= \underline{1093,26 \text{ kg/m}}
 \end{aligned}$$

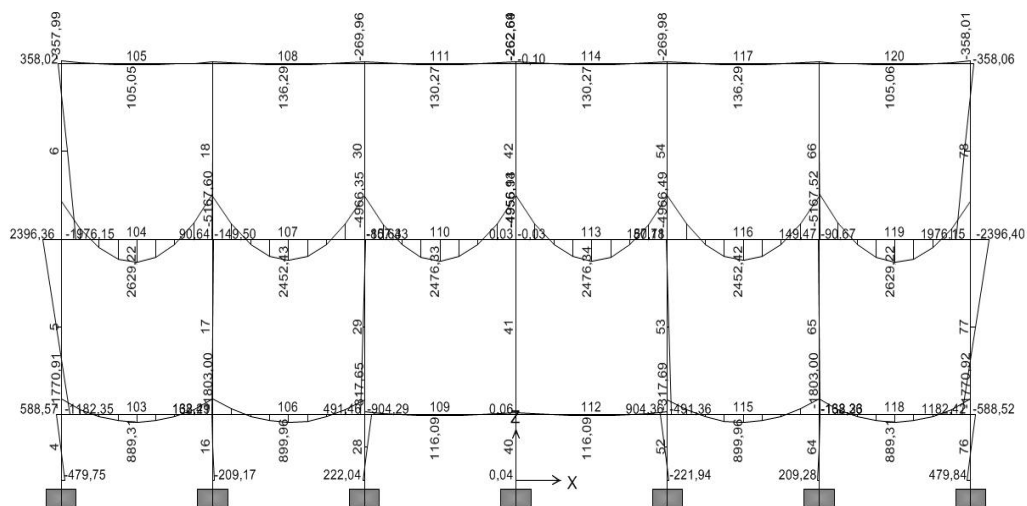
$$qD = 2171,16 \text{ kg/m}$$

➤ **Beban hidup (qL)**

$$qL = (2 \times 1,33) \cdot 250 = 665 \text{ kg/m}$$

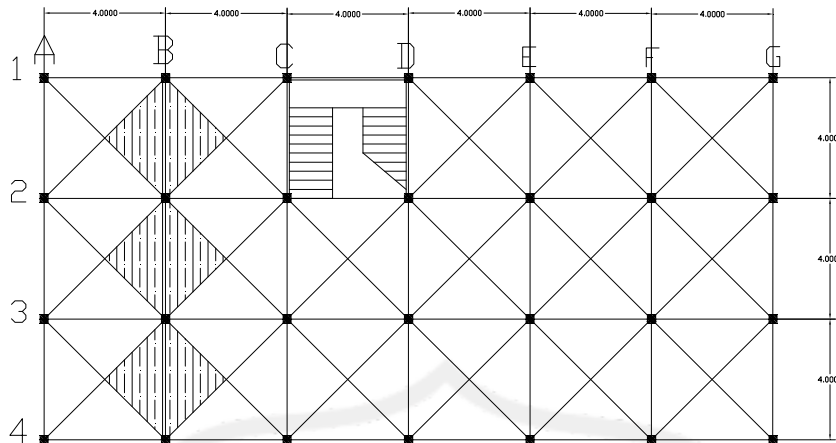
➤ **Beban berfaktor (qU1)**

$$\begin{aligned}
 qU &= 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL \\
 &= (1,2 \cdot 2171,16) + (1,6 \cdot 665) \\
 &= 3669,392 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Hasil moment perhitungan SAP portal memanjang

7.3. Perencanaan Portal Melintang



7.3.1. Perhitungan Pembebanan Balok Portal Melintang

Pada perhitungan pembebanan balok induk melintang diambil satu perencanaan sebagai acuan penulangan balok utama.

Perencanaan tersebut pada balok As **B1 – B4**

1. Pembebanan balok portal B1 – B4

a. Pembebanan balok induk element (B1 – B2 = B2 – B3 = B3 – B4)

➤ Beban Mati (qD)

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,2 \cdot (0,4 - 0,12) \cdot 2400 = 134,4 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 \cdot (4 - 0,3) \cdot 1700 = 943,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat lantai} = (2 \times 1,33) \cdot 411 = \underline{1093,26 \text{ kg/m}}$$

$$qD = 2171,16 \text{ kg/m}$$

➤ Beban hidup (qL)

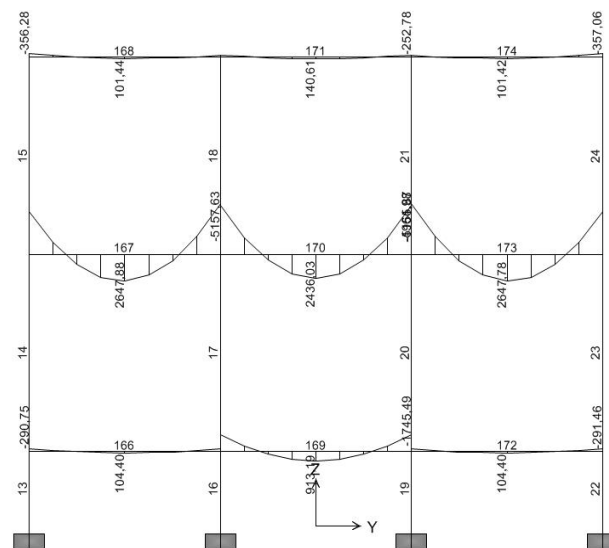
$$qL = (2 \times 1,33) \cdot 250 = 665 \text{ kg/m}$$

➤ Beban berfaktor (qU1)

$$qU = 1,2 \cdot qD + 1,6 \cdot qL$$

$$= (1,2 \cdot 2171,16) + (1,6 \cdot 665)$$

$$= 3669,392 \text{ kg/m}$$



Hasil moment perhitungan SAP portal melintang

7.4. Perencanaan Pembebanan Ringbalk

a. Beban Titik

$$P1 = \text{Reaksi kuda-kuda utama} = 4568 \text{ kg}$$

b. Beban Merata

$$\text{Beban sendiri ring balk} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

7.5. Perencanaan Pembebanan Sloof

➤ Beban Mati (qD)

$$\text{Beban sendiri balok} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 0,15 \cdot (4 - 0,3) \cdot 1700 = \underline{943,5 \text{ kg/m}}$$

$$qD = 1087,5 \text{ kg/m}$$

7.6. Penulangan Balok Portal

7.6.1. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Portal Memanjang

1. Balok portal A3 – G3 (frame 104)

Data perencanaan :

$$\begin{aligned} h &= 400 \text{ mm} & \emptyset_t &= 16 \text{ mm} \\ b &= 200 \text{ mm} & \emptyset_s &= 8 \text{ mm} \\ p &= 40 \text{ mm} & d &= h - p - 1/2 \emptyset_t - \emptyset_s \\ f_y &= 360 \text{ Mpa} & &= 400 - 40 - 1/2 \cdot 16 - 8 \\ f'_c &= 25 \text{ MPa} & &= 344 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 360} \right)}{360} \\ &= 0,0314 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0314 \\ &= 0,0235 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

➤ Daerah Lapangan

Dari Perhitungan SAP 2000 diperoleh :

$$M_u = 2629,22 \text{ kgm} = 2,62922 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,62922 \cdot 10^7}{0,8} = 3,286 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{3,286 \cdot 10^7}{200 \cdot 344^2} = 1,39$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 1,39}{360}} \right) = 0,0040\end{aligned}$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$ dipakai tulangan tunggal

Digunakan $\rho = 0,0040$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0040 \cdot 200 \cdot 344 \\ &= 275,2 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 16$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2} = \frac{275,2}{200,96} = 1,37 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 2 \times 200,96 = 401,92$$

$\text{As}' > \text{As} \dots \dots \dots$ aman Ok !

Jadi dipakai tulangan 2 $\emptyset 16$ mm

➤ Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$\text{Mu} = 5167,6 \text{ kgm} = 5,1676 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{\phi} = \frac{5,1676 \cdot 10^7}{0,8} = 6,46 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \cdot d^2} = \frac{6,46 \cdot 10^7}{200 \cdot 344^2} = 2,73$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 2,73}{360}} \right) = 0,0081\end{aligned}$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$ dipakai tulangan tunggal

Digunakan $\rho = 0,0081$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0081 \cdot 200 \cdot 344\end{aligned}$$

$$= 557,28 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $\emptyset 16$

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2} = \frac{557,28}{200,96} = 2,77 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$A_s' = 3 \times 200,96 = 602,88$$

$A_s' > A_s$aman Ok !

Jadi dipakai tulangan 3 $\emptyset 16$ mm

7.6.2. Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal Memanjang

Dari perhitungan **SAP 2000** Diperoleh :

$$V_u = 7598,07 \text{ kg} = 75980,7 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$d = h - p - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$= 400 - 40 - \frac{1}{2} (8)$$

$$= 356 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 356$$

$$= 59333,33 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = 0,6 \cdot 59333,33 \text{ N}$$

$$= 35600 \text{ N}$$

$$3 \emptyset V_c = 3 \cdot 35600$$

$$= 106800 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c < V_u < 3 \emptyset V_c$$

diperlukan tulangan geser

$$\emptyset V_s = V_u - \emptyset V_c$$

$$= 75980,7 - 35600 = 40380,7 \text{ N}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\emptyset V_s}{0,6} = \frac{40380,7}{0,6} = 67301,17 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi (8)^2$$

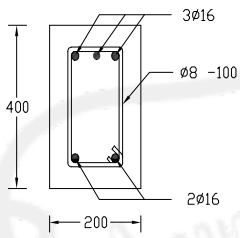
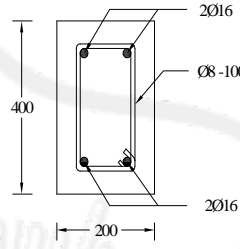
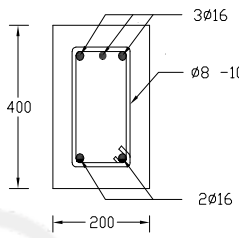
$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 64 = 100,48 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{100,48 \cdot 240 \cdot 356}{67301,17} = 127,56 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = d/2 = \frac{356}{2} = 178 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan $\text{Ø} 8 - 100 \text{ mm}$

Tabel 7.1. Balok Portal Memanjang

Balok Bentang	Memanjang		
Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
BALOK			
Tulangan Pokok	3 Ø 16 mm	2 Ø 16 mm	3 Ø 16 mm
Sengkang	Ø 8 - 100 mm	Ø 8 - 100 mm	Ø 8 - 100 mm

7.6.3. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Portal Melintang

1. Balok portal B1 – B4 (frame 167)

Data perencanaan :

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Ø}_t = 16 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Ø}_s = 8 \text{ mm} \quad p$$

$$p = 40 \text{ mm}$$

$$d = h - p - 1/2 \text{Ø}_t - \text{Ø}_s$$

$$f_y = 360 \text{ Mpa}$$

$$= 400 - 40 - 1/2 \cdot 16 - 8$$

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$= 344 \text{ mm}$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{360} \left(\frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0314 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,0314 \\
 &= 0,0235 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94
 \end{aligned}$$

➤ Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$\begin{aligned}
 M_u &= 2647,88 \text{ kgm} = 2,64788 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,64788 \cdot 10^7}{0,8} = 3,310 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{3,310 \cdot 10^7}{200 \cdot 344^2} = 1,40 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 1,40}{360}} \right) = 0,0040
 \end{aligned}$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max}$ → dipakai tulangan tunggal

Digunakan $\rho = 0,0040$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0040 \cdot 200 \cdot 344 \\
 &= 275,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 16$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2} = \frac{275,2}{200,96} = 1,37 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 2 \times 200,96 = 401,92$$

$\text{As}' > \text{As}$aman Ok !

Jadi dipakai tulangan 2 \emptyset 16 mm

➤ **Daerah Tumpuan**

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 5157,63 \text{ kgm} = 5,15763 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5,15763 \cdot 10^7}{0,8} = 6,447 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{6,447 \cdot 10^7}{200 \cdot 344^2} = 2,72$$

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

$$= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 2,72}{360}} \right) = 0,0081$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$ dipakai tulangan tunggal

Digunakan $\rho = 0,0081$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0081 \cdot 200 \cdot 344 \\ &= 557,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 16$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 16^2} = \frac{557,28}{200,96} = 2,77 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 3 \times 200,96 = 602,88$$

$\text{As}' > \text{As} \dots \dots \dots$ aman Ok !

Jadi dipakai tulangan 3 $\emptyset 16$ mm

7.6.4. Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal Melintang

Dari perhitungan **SAP 2000** Diperoleh :

$$V_u = 7602,42 \text{ kg} = 76024,2 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 400 - 40 - \frac{1}{2} (8) \end{aligned}$$

$$= 356 \text{ mm}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 356$$

$$= 59333,33 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 59333,33 \text{ N}$$

$$= 35600 \text{ N}$$

$$3 \phi V_c = 3 \cdot 35600$$

$$= 106800 \text{ N}$$

$$\phi V_c < V_u < 3 \phi V_c$$

Jadi diperlukan tulangan geser

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

$$= 76024,2 - 35600 = 40424,2 \text{ N}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\phi V_s}{0,6} = \frac{40424,2}{0,6} = 67373,67 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \pi (8)^2$$

$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 64 = 100,48 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{100,48 \cdot 240 \cdot 356}{67373,67} = 127,42 \text{ mm}$$

$$s \text{ max} = d/2 = \frac{356}{2} = 178 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan $\phi 8 - 100 \text{ mm}$

Tabel 7.2. Balok Portal Melintang

Balok Bentang	Melintang		
Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
BALOK			

Tulangan Pokok	3 Ø 16 mm	2 Ø 16 mm	3 Ø 16 mm
Sengkang	Ø 8 – 100 mm	Ø 8 – 100 mm	Ø 8 – 100 mm

7.7. Penulangan Kolom

7.7.1. Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Untuk contoh perhitungan tulangan lentur kolom diambil momen terbesar dari perhitungan dengan SAP 2000, yaitu **frame 67**

Data perencanaan :

b = 300 mm	ø tulangan = 19 mm
h = 300 mm	ø sengkang = 8 mm
f'c = 25 MPa	s (tebal selimut) = 40 mm
fy = 360 MPa	

Dari perhitungan SAP didapat :

$$P_u = 43331,58 \text{ kg} = 433315,8 \text{ N}$$

$$M_u = 75,46 \text{ kgm} = 7,546 \cdot 10^5 \text{ Nmm}$$

$$d = h - s - \text{Ø sengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan}$$

$$= 300 - 40 - 8 - \frac{1}{2} \cdot 19$$

$$= 243 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$= 300 - 243 = 57 \text{ mm}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{7,546 \cdot 10^5}{433315,8} = 1,74 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = 0,1 \cdot h = 0,1 \cdot 300 = 30 \text{ mm}$$

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d = \frac{600}{600 + 360} \cdot 243 = 151,87$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b = 0,85 \cdot 151,87 = 129,09$$

$$P_{n_b} = 0,85 \cdot f'c \cdot a_b \cdot b = 0,85 \cdot 25 \cdot 129,09 \cdot 300 = 822948,75 \text{ N}$$

$$P_{n_{\text{perlu}}} = \frac{P_u}{\phi} ; 0,1 \cdot f'c \cdot A_g = 0,1 \cdot 25 \cdot 300 \cdot 300 = 2,25 \cdot 10^5 \text{ N}$$

→ karena $P_u = 433315,8 \text{ N} > 0,1 \cdot f'c \cdot A_g$ maka $\phi = 0,65$

$$P_{n_{\text{perlu}}} = \frac{P_u}{\phi} = \frac{433315,8}{0,65} = 666639,69 \text{ N}$$

$P_{n_{\text{perlu}}} < P_{n_b}$ → analisis keruntuhan tarik

$$a = \frac{P_{n_{\text{perlu}}}}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{666639,69}{0,85 \cdot 25 \cdot 300} = 104,57$$

$$A_s = \frac{P_{n_{\text{perlu}}} \left(\frac{h}{2} - e - \frac{a}{2} \right)}{f_y (d - d')} = \frac{666639,69 \left(\frac{300}{2} - 30 - \frac{104,57}{2} \right)}{360 (243 - 57)} = 674,16 \text{ mm}^2$$

luas memanjang minimum :

$$A_{s_t} = 1 \% A_g = 0,01 \cdot 300 \cdot 300 = 900 \text{ mm}^2$$

Sehingga, $A_s = A_{s_t}$

$$A_s = \frac{A_{s_t}}{2} = \frac{900}{2} = 450 \text{ mm}^2$$

Menghitung jumlah tulangan :

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (\phi)^2} = \frac{674,16}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19)^2} = 2,38 \approx 3 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ ada} &= 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19)^2 \\ &= 850,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$A_s \text{ ada} > A_s \text{ perlu} \dots \dots \dots$ aman Ok!

Jadi dipakai tulangan 3 Ø 19

7.7.2. Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Dari perhitungan **SAP 2000** Diperoleh :

$$V_u = 194,06 \text{ kg} = 1940,6 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d \\ &= 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 300 \cdot 244 \\ &= 61000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot V_c$$

$$= 36600 \text{ N}$$

$$3 \phi V_c = 109800 \text{ N}$$

$$V_u < \phi V_c < 3 \phi V_c$$

Tidak diperlukan tulangan geser

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan $\text{Ø} 8 - 200 \text{ mm}$

Tabel 7.3. Kolom

Kolom	
KOLOM	
Tulangan Pokok	3 Ø 19
Sengkang	Ø 8 - 200 mm

7.8. Penulangan Ring Balk

7.8.1. Perhitungan Tulangan Lentur Ring Balk

Untuk perhitungan tulangan lentur ring balk diambil pada bentang dengan moment terbesar dari perhitungan SAP 2000 yaitu **frame 171**

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 h &= 300 \text{ mm} & \text{Ø}_t &= 13 \text{ mm} \\
 b &= 200 \text{ mm} & \text{Ø}_s &= 8 \text{ mm} \\
 p &= 40 \text{ mm} & d &= h - p - 1/2 \text{Ø}_t - \text{Ø}_s \\
 f_y &= 360 \text{ Mpa} & &= 300 - 40 - 1/2 \cdot 13 - 8 \\
 f'_c &= 25 \text{ MPa} & &= 246 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{360} \left(\frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0314$$

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

$$= 0,75 \cdot 0,0314$$

$$= 0,0235$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

➤ Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 140,61 \text{ kgm} = 1,4061 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,4061 \cdot 10^6}{0,8} = 1,758 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1,758 \cdot 10^6}{200 \cdot 246^2} = 0,14$$

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

$$= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 0,14}{360}} \right) = 0,00039$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$ dipakai tulangan tunggal

Digunakan $\rho_{\min} = 0,0039$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0039 \cdot 200 \cdot 246 \\ &= 191,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 13$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 13^2} = \frac{191,88}{132,665} = 1,45 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 2 \times 132,665 = 265,33$$

$\text{As}' > \text{As} \dots \dots \dots$ aman Ok !

Jadi dipakai tulangan 2 $\emptyset 13$ mm

➤ Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 252,78 \text{ kgm} = 2,5278 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2,5278 \cdot 10^6}{0,8} = 3,160 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{3,160 \cdot 10^6}{200 \cdot 246^2} = 0,26$$

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

$$= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 0,26}{360}} \right) = 0,00073$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$ dipakai tulangan tunggal

Digunakan $\rho_{\min} = 0,0039$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0039 \cdot 200 \cdot 246 \\ &= 191,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 13$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 13^2} = \frac{191,88}{132,665} = 1,45 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$\text{As}' = 2 \times 132,665 = 265,33$$

$\text{As}' > \text{As} \dots \dots \dots$ aman Ok !

Jadi dipakai tulangan 2 $\emptyset 13$ mm

7.8.2. Perhitungan Tulangan Geser Ring Balk

Dari perhitungan **SAP 2000** Diperoleh :

$$V_u = 393 \text{ kg} = 3930 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 300 - 40 - \frac{1}{2} (8) = 256 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 256 \\ &= 42666,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_c &= 0,6 \cdot 42666,67 \text{ N} \\ &= 25600,002 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \emptyset V_c &= 3 \cdot 25600,002 \\ &= 76800,006 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < \emptyset V_c < 3 \emptyset V_c$$

Tidak diperlukan tulangan geser

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan $\text{Ø} 8 - 200 \text{ mm}$

Tabel 7.4. Ring Balk

Balok Bentang	Ring Balk		
Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
RING BALK			
Tulangan Pokok	2 Ø 13 mm	2 Ø 13 mm	2 Ø 13 mm
Sengkang	Ø 8 - 200 mm	Ø 8 - 200 mm	Ø 8 - 200 mm

7.9. Penulangan Sloof

7.9.1. Perhitungan Tulangan Lentur Sloof

Untuk perhitungan tulangan lentur sloof diambil pada bentang dengan moment terbesar dari perhitungan SAP 2000, yaitu **frame 169**

Data perencanaan :

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Ø}_t = 13 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Ø}_s = 8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 p &= 40 \text{ mm} & d &= h - p - 1/2 \text{ } \varnothing_t - \varnothing_s \\
 f_y &= 360 \text{ Mpa} & &= 300 - 40 - 1/2 \cdot 13 - 8 \\
 f'_c &= 25 \text{ MPa} & &= 246 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \left(\frac{600}{600 + 360} \right)}{360} \\
 &= 0,0314
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,0314 \\
 &= 0,0235
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

➤ Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$M_u = 913,19 \text{ kgm} = 9,1319 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\varphi} = \frac{9,1319 \cdot 10^6}{0,8} = 11,415 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{11,415 \cdot 10^6}{200 \cdot 246^2} = 0,94$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 0,94}{360}} \right) = 0,0027
 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$ dipakai tulangan tunggal

Digunakan $\rho_{\min} = 0,0039$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0039 \cdot 200 \cdot 246 \\
 &= 191,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan Ø 13

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{\frac{1}{4}\pi \cdot 13^2} = \frac{191,88}{132,665} = 1,45 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$As' = 2 \times 132,665 = 265,33$$

$As' > As$aman Ok !

Jadi dipakai tulangan 2 Ø 13 mm

➤ Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh :

$$Mu = 1745,49 \text{ kgm} = 1,74549 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1,74549 \cdot 10^7}{0,8} = 2,182 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{2,182 \cdot 10^7}{200 \cdot 246^2} = 1,80$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,94} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 1,80}{360}} \right) = 0,0052$$

$$\rho > \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$ dipakai tulangan tunggal

Digunakan $\rho = 0,0052$

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

$$= 0,0052 \cdot 200 \cdot 246$$

$$= 255,84 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan Ø 13

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{\frac{1}{4}\pi \cdot 13^2} = \frac{255,84}{132,665} = 1,93 \approx 2 \text{ tulangan}$$

$$As' = 2 \times 132,665 = 265,33$$

$As' > As$aman Ok !

Jadi dipakai tulangan 2 Ø 13 mm

7.9.2. Perhitungan Tulangan Geser Sloof

Dari perhitungan **SAP 2000** Diperoleh :

$$V_u = 2658,44 \text{ kg} = 26584,4 \text{ N}$$

$$f'_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 300 - 40 - \frac{1}{2} (8) \\ &= 256 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 256 \\ &= 42666,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_c &= 0,6 \cdot 42666,67 \text{ N} \\ &= 25600 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \emptyset V_c &= 3 \cdot 25600 \\ &= 76800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_c < V_u < 3 \emptyset V_c$$

Jadi diperlukan tulangan geser

$$\begin{aligned} \emptyset V_s &= V_u - \emptyset V_c \\ &= 26584,4 - 25600 = 984,4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{\emptyset V_s}{0,6} = \frac{984,4}{0,6} = 1640,67 \text{ N}$$

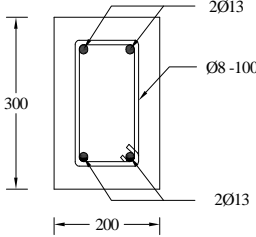
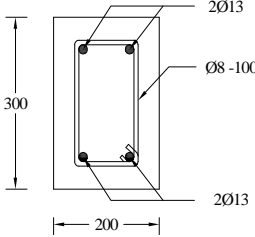
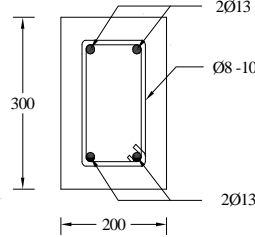
$$\begin{aligned} A_v &= 2 \cdot \frac{1}{4} \pi (8)^2 \\ &= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 64 = 100,48 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{100,48 \cdot 240 \cdot 256}{1640,67} = 3762,78 \text{ mm}$$

$$s \text{ max} = d/2 = \frac{256}{2} = 128 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 100

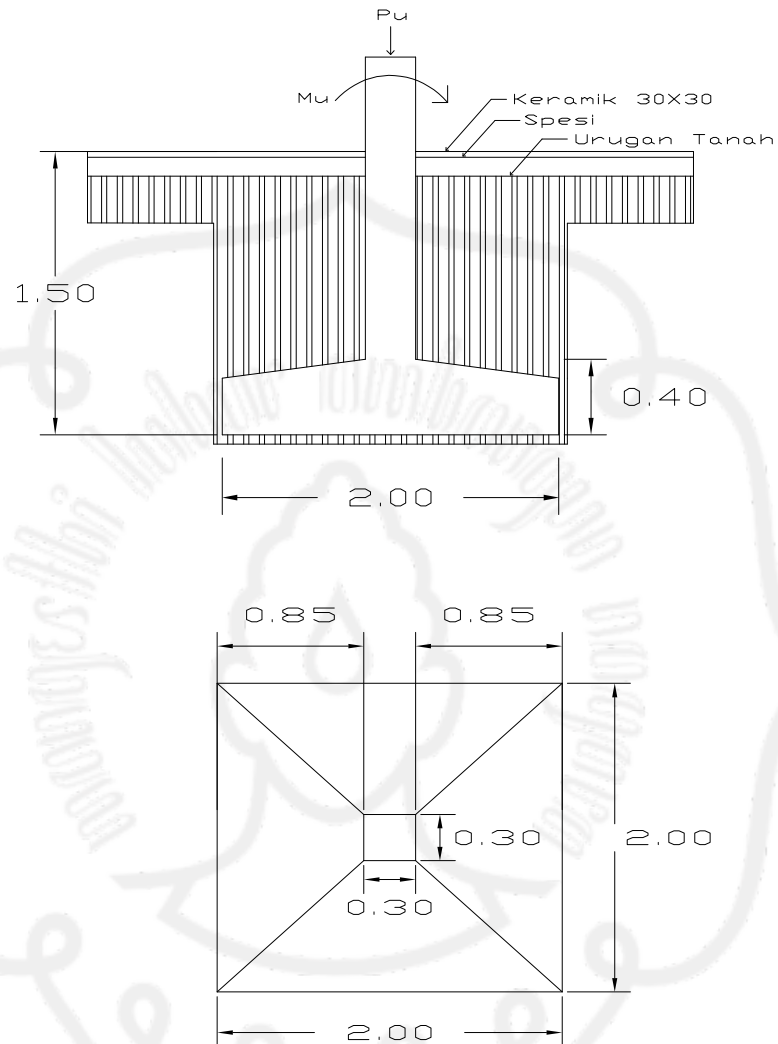
Tabel 7.5. Sloof

Balok Bentang	Sloof		
Potongan	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
SLOOF			
Tulangan Pokok	2 Ø 13 mm	2 Ø 13 mm	2 Ø 13 mm
Sengkang	Ø 8 – 100 mm	Ø 8 – 100 mm	Ø 8 – 100 mm



BAB 8

PERENCANAAN PONDASI



Gambar 8.1 Pondasi Telapak

Direncanakan pondasi telapak dengan kedalaman 1,5 m, panjang 2,0 m dan 2,0 m.

- Tebal = 400 mm
- Ukuran alas = 2000 x 2000 mm
- f'_c = 25 Mpa

- f_y = 360 Mpa
- σ_{tanah} = $1,5 \text{ kg/cm}^2 = 15000 \text{ kg/m}^2$

- γ tanah = $1,7 \text{ t/m}^2 = 1700 \text{ kg/m}^3$
- γ beton = $2,4 \text{ t/m}^2$
- P_u = $43331,58 \text{ kg}$
- M_u = $75,46 \text{ kgm}$

Dimensi Pondasi

$$\Sigma_{\text{tanah}} \frac{P_u}{A} =$$

$$A = \frac{P_u}{\sigma_{\text{tanah}}} = \frac{43331,58}{15000} = 2,89 \text{ m}^2$$

$$B=L=\sqrt{A} = \sqrt{2,89} = 1,7 \sim 2 \text{ m}$$

Jadi dimensi = $2 \times 2 \text{ m}$

8.1. Perencanaan kapasitas dukung pondasi

8.1.1. Perhitungan kapasitas dukung pondasi

➤ Pembebanan pondasi telapak (foot plat)

$$\text{Berat telapak pondasi} = 2 \times 2 \times 0,4 \times 2400 = 3840 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kolom pondasi} = 0,3 \times 0,3 \times 1,5 \times 2400 = 324 \text{ kg}$$

$$\text{Berat tanah} = (2^2 \times 1,1) - (0,3^2 \times 1,1) \times 1700 = 7311,7 \text{ kg}$$

$$P_u = 43331,58 \text{ kg}$$

$$V_{\text{total}} = 54807,28 \text{ kg}$$

$$= 54,80728 \times 10^4 \text{ N}$$

Tebal telapak pondasi :

$$d \geq \frac{6 \cdot V_u}{\sqrt{f'c \cdot b_w}}$$

$$\geq \frac{6 \cdot 54,80728 \cdot 10^4}{\sqrt{25 \cdot 2000}}$$

$$\geq 328,84 \text{ mm}$$

Direncanakan $d = 330 \text{ mm}$

Sehingga $h = d + t_{\text{beton dencing}}$

$$= 330 + 70 = 400 \text{ mm}$$

Kontrol eksentrisitas

$$e = \frac{M_u}{V_u} = \frac{75,46}{54807,28} = 0,0014$$

$$\begin{aligned} e &\leq 1/6 \times L \\ &\leq 1/6 \times 2 \\ &\leq 0,33 \text{ m} \dots \dots \dots \text{ok!} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan ijin tanah

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{yang terjadi}} &= \frac{V_{\text{tot}}}{A} + \frac{M_u}{\frac{1}{6} b \cdot L^2} \\ \sigma_{\text{tanah1}} &= \frac{54807,28}{2 \cdot 2} + \frac{75,46}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot (2)^2} = 13758,42 \text{ kg/m}^2 \\ \sigma_{\text{tanah2}} &= \frac{54807,28}{2 \cdot 2} - \frac{75,46}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot (2)^2} = 13645,23 \text{ kg/m}^2 \\ \sigma_{\text{tanah terjadi}} &< \sigma_{\text{ijin tanah}} \dots \dots \dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

8.2. Perencanaan Tulangan Pondasi

8.2.1. Perhitungan Tulangan Lentur Pondasi

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 13758,42 \cdot (0,85)^2 = 4970,23 \text{ kgm} \\ &= 4,97023 \cdot 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{4,97023 \cdot 10^7}{0,8} = 6,213 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{6,213 \cdot 10^7}{2000(330)^2} = 0,28$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{360}{0,85 \cdot 25} = 16,94$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{360} \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\ &= 0,0314 \end{aligned}$$

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

$$= 0,75 \cdot 0,0314$$

$$= 0,0235$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{360} = 0,0039$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,94} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,94 \cdot 0,28}{360}} \right) \\ &= 0,00078 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

$\rho < \rho_{\max} \rightarrow$ dipakai tulangan tunggal

Digunakan $\rho_{\min} = 0,0039$

▪ **Untuk Arah Sumbu Panjang dan Pendek Adalah Sama**

$$\begin{aligned} A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0039 \cdot 2000 \cdot 330 \\ &= 2574 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\emptyset 19$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2} = \frac{2574}{283,38} = 9,08 \approx 10 \text{ tulangan}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan (s)} &= \frac{2000}{10} \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol } A_{s \text{ ada}} &= 10 \times 283,38 \\ &= 2833,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$A_{s \text{ ada}} > A_{s \text{ perlu}} \dots\dots\dots$ aman Ok !

Jadi dipakai tulangan $\emptyset 19 - 200 \text{ mm}$

8.2.2. Perhitungan Tulangan Geser Pondasi

$$\begin{aligned} V_u &= \sigma_{\text{terjadi}} \times A_{\text{efektif}} \\ &= 13758,42 \times (0,85 \times 2) \end{aligned}$$

$$= 23389,31 \text{ N}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 2000 \cdot 330$$

$$= 550000 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot V_c$$

$$= 330000 \text{ N}$$

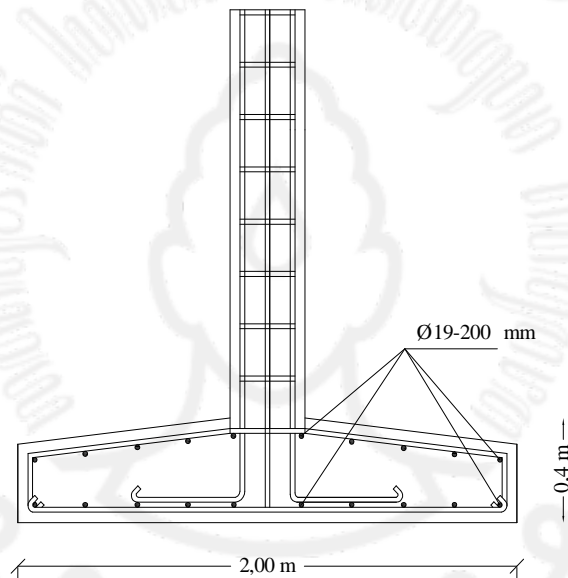
$$3\phi V_c = 3 \cdot \phi V_c$$

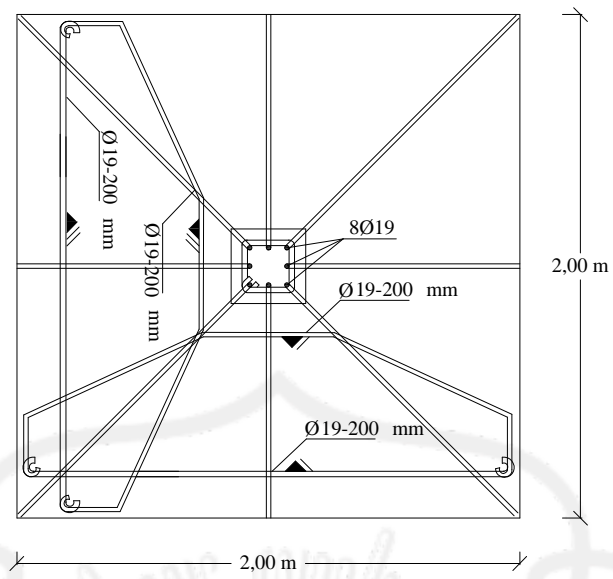
$$= 990000 \text{ N}$$

$$V_u < \phi V_c < 3\phi V_c$$

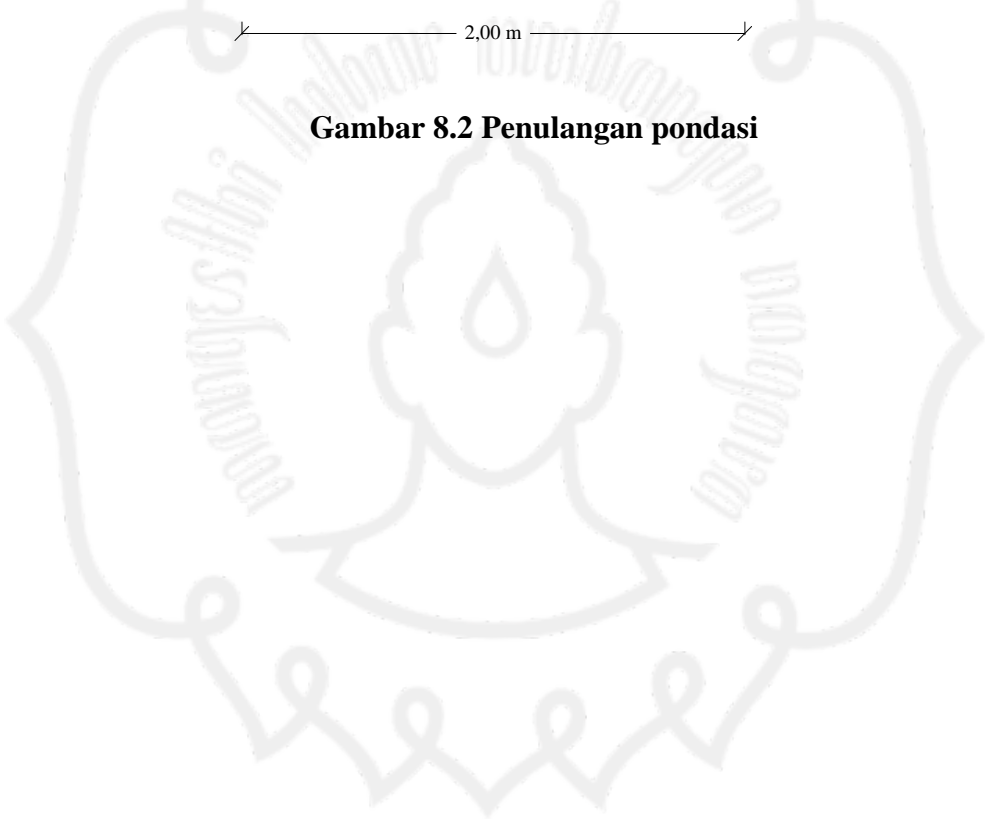
Tidak diperlukan tulangan geser

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan $\phi 8 - 200$





Gambar 8.2 Penulangan pondasi



BAB 9

KESIMPULAN DAN SARAN

9.1. Kesimpulan

Dari hasil perencanaan dan hitungan struktur bangunan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur bangunan di Indonesia pada peraturan dan pedoman perencanaan yang berlaku di Indonesia.
2. Dalam merencanakan struktur bangunan, kualitas dari bahan yang digunakan sangat mempengaruhi kualitas struktur yang dihasilkan.
3. Hitungan pembebanan digunakan batasan – batasan dengan analisa statis equivalent.

9.2. Saran

1. Perlu adanya ketelitian dan asumsi – asumsi yang benar dalam perencanaan sehingga dapat sesuai dengan yang diharapkan.
2. Pemakaian program SAP 2000 hanya mempercepat proses hitungan analisa gaya – gaya dalam, tidak menjamin kebenaran yang kita lakukan
3. Perlu diadakan studi banding antara analisa menggunakan program SAP 2000 dengan analisa secara manual atau dengan program lain.
4. Dalam perencanaan struktur diperoleh hasil yang mempunyai kualitas tinggi dengan biaya yang ekonomis.
5. Penambahan buku – buku untuk referensi agar mahasiswa benar – benar paham dengan teori – teori dalam dunia teknik sipil sehingga dapat menambah wawasan untuk diterapkan dalam praktek dunia kerja.

PENUTUP

Alhamdulillah Penyusun ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah, serta inayah-Nya, sehingga Penyusun dapat menyelesaikan serangkaian kegiatan perencanaan struktur bangunan dalam bentuk Tugas Akhir ini dengan baik, lancar, dan tepat pada waktunya.

Dengan terselesainya Tugas Akhir ini merupakan suatu kebahagiaan tersendiri bagi Penyusun. Keberhasilan ini tidak lepas dari kemauan dan usaha keras disertai doa dan bantuan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan serangkaian Tugas Akhir ini, untuk itu kesempatan ini tidak lupa Penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang secara langsung ataupun tidak langsung terkait dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penyusun sadar sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sebuah kesempurnaan dan masih terdapat banyak banyak kekurangan disetiap sisinya. Akan tetapi kekurangan tersebut dapat dijadikan pelajaran yang berharga dalam penyusunan laporan-laporan selanjutnya. Untuk itu Penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif dari pembaca agar di kemudian hari dapat dijadikan masukan baik dalam menyelesaikan tugas-tugas selanjutnya.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi Penyusun khususnya dan semua civitas akademik Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta, serta para pembaca pada umumnya. Harapan Penyusun semoga apa yang terkandung dalam Tugas Akhir ini dapat menambah pengetahuan dalam bidang konstruksi dan bermanfaat bagi seluruh pembaca semua.