TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA GEDUNG KULIAH 2 LANTAI

Oleh :

Pujianto

I8507026

PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK SIPIL GEDUNG

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

2011

DAFTAR ISI

BAB 3 RENCANA ATAP

BAB 6 PERENCANAAN BALOK ANAK

BAB 7 PERENCANAAN PORTAL

BAB 8 PERENCANAAN PONDASI

BAB 9 RENCANA ANGGARAN BIAYA

BAB 10 REKAPITULASI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

A	= Luas penampang batang baja (cm^2)
B	= Luas penampang (m^2)
AS’	= Luas tulangan tekan (mm^2)
AS	= Luas tulangan tarik (mm^2)
B	= Lebar penampang balok (mm)
C	= Baja Profil Canal
D	= Diameter tulangan (mm)
Def	= Tinggi efektif (mm)
E	= Modulus elastisitas(m)
e	= Eksentrisitas (m)
F’c	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (Mpa)
Fy	= Kuat leleh yang disyaratkan (Mpa)
g	= Percepatan grafitasi (m/dt)
h	= Tinggi total komponen struktur (cm)
H	= Tebal lapisan tanah (m)
I	= Momen Inersia (mm^2)
L	= Panjang batang kuda-kuda (m)
M	= Harga momen (kgm)
Mu	= Momen berfaktor (kgm)
N	= Gaya tekan normal (kg)
Nu	= Beban aksial berfaktor
P’	= Gaya batang pada baja (kg)
q	= Beban merata (kg/m)
q’	= Tekanan pada pondasi (kg/m)
S	= Spasi dari tulangan (mm)
Vu	= Gaya geser berfaktor (kg)
W	= Beban Angin (kg)
Z	= Lendutan yang terjadi pada baja (cm)
ϕ	= Diameter tulangan baja (mm)
θ	= Faktor reduksi untuk beton

ρ = Ratio tulangan tarik (As/bd)

σ = Tegangan yang terjadi (kg/cm^3)

ω = Faktor penampang

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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, kita sebagai bangsa Indonesia akan dapat memenuhi tuntutan ini. Karena dengan hal ini kita akan semakin siap menghadapi tantangannya.

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 struktur 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 zaman 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 bertujuan untuk menghasilkan ahli teknik yang berkualitas, bertanggungjawab, kreatif dalam menghadapi masa depan serta dapat mensukseskan pembangunan nasional di Indonesia.

Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Program D III 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	:	Gedung kuliah
b. Luas Bangunan	:	1848,5 m^2
c. Jumlah Lantai	:	2 lantai
d. Tinggi Tiap Lantai	:	4 m
e. Konstruksi Atap	:	Rangka kuda-kuda baja
f. Penutup Atap	:	Genteng tanah liat
g. Pondasi	:	*Foot Plate*

2. Spesifikasi Bahan

a. Mutu Baja Profil	:	BJ 37
b. Mutu Beton (f'c)	:	25 MPa
c. Mutu Baja Tulangan (fy)	:	Polos: 240 Mpa
		Ulir : 360 Mpa.

1.4 Peraturan-Peraturan Yang Berlaku

a. SNI 03-1729-2002_ Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung.
b. SNI 03-2847-2002_ Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung.
c. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1989).
d. Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI 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 **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1989**, beban-beban tersebut adalah :

1. Beban Mati (qd)

Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian–penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung. Untuk merencanakan gedung, beban mati yang terdiri dari berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung (**PPIUG 1989**) adalah :

a) Bahan Bangunan :

1. Beton Bertulang .... 2400 kg/m^3
2. Pasir .... 1800 kg/m^3
3. Beton biasa.. 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/m^2
   - kaca dengan tebal 3 – 4 mm.. 10 kg/m^2
2. Penggantung langit- langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m.......................... 7 kg/m^2

3. Penutup lantai dari tegel, keramik dan beton (tanpa adukan) per cm tebal 24 kg/m2
4. Adukan semen per cm tebal .... 21 kg/m^2
5. Penutup atap genteng dengan reng dan usuk .... 50 kg/m^2
6. Dinding pasangan batu merah setengah bata ....1700 kg/m^2

2. Beban Hidup (ql)

Beban hidup adalah semua bahan yang terjadi akibat penghuni atau pengguna suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan pembebanan lantai dan atap tersebut. Khususnya pada atap, beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan.Beban hidup yang bekerja pada bangunan ini disesuaikan dengan rencana fungsi bangunan tersebut (**PPIUG 1989**). 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 reduksi beban hidup untuk perencanaan balok Induk dan portal
• PERUMAHAN / HUNIAN : Rumah tinggal, rumah sakit, dan hotel	0,75
• PENDIDIKAN : Sekolah dan ruang kuliah	0,90
• PENYIMPANAN : Gudang, perpustakaan dan ruang arsip	0,90
• TANGGA : Pendidikan dan kantor	0,75

Sumber : PPIUG 1989

3. Beban Angin (W)

Beban Angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. 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/m^2 ini ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup dengan koefisien-koefisien angin.Tekan tiup harus diambil minimum 25 kg/m^2, 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/m^2. **(PPIUG 1989)**

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 : $\alpha < 65°$ ....0,02 α - 0,4

$65° < \alpha < 90°$ ....+ 0,9

b) Di belakang angin, untuk semua α ....- 0,4

2.1.2. Sistem Bekerjanya 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 kerjanya 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 Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1989, 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 ($\varnothing$), 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	1,4 D
2.	D, L	1,2 D +1,6 L + 0,5 (A atau R)
3	D, L,W	1,2 D + 1,0 L ± 1,6 W + 0,5 (A atau R)

Sumber : SNI 03-2847-2002

Keterangan :

A = Beban Atap

D = Beban mati

L = Beban hidup

Lr = Beban hidup tereduksi

R = Beban air hujan

W = Beban angin

Tabel 2.3 Faktor Reduksi Kekuatan ∅

No	GAYA	∅
1.	Lentur tanpa beban aksial	0,80
2.	Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur	0,80
3.	Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur	0,65 – 0,80
4.	Geser dan torsi	0,60
5.	Tumpuan Beton	0,70

Sumber : SNI 03-2847-2002

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. Sedang untuk melindungi dari karat dan kehilangan kekuatannya dalam kasus kebakaran, maka diperlukan adanya tebal selimut beton minimum :

Beberapa persyaratan utama pada SNI 03-2847-2002 untuk pelat, balok, dan kolom 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

Dalam perencanaan penutup atap menggunakan genteng tanah liat dan menggunakan stuktur kuda – kuda baja.

1. Pada perencanaan atap ini, beban yang bekerja adalah :
   - Beban mati
   - Beban hidup
   - Beban angin
   - Beban air hujan
2. Asumsi Perletakan
   - Tumpuan sebelah kiri adalah Sendi.
   - Tumpuan sebelah kanan adalah Rol.
3. Analisa tampang menggunakan peraturan **SNI 03-1729-2002**.

Dan untuk perhitungan dimensi profil rangka kuda kuda:

a. Batang tarik

$$\text{Ag perlu} = \frac{P_{mak}}{Fy}$$

An perlu = 0,85.Ag

$$\phi Rn = \phi(2,4.Fu.d.t)$$

$$n = \frac{P}{\phi Rn}$$

An = Ag-dt

L = Sambungan dengan Diameter

= d+ 1/2d + (1/2(profil- Yp) + Yp

$$\bar{x} = Y - Yp$$

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$$

Ae = U.An

Check kekuatan nominal

$$\phi Pn = 0,9.Ag.Fy$$

$$\phi Pn > P$$

b. Batang tekan

$$\text{Ag perlu} = \frac{P_{mak}}{Fy}$$

An perlu = 0,85.Ag

$$\frac{h}{t_w} = \frac{300}{\sqrt{Fy}}$$

$$\lambda c = \frac{K.l}{r\pi}\sqrt{\frac{Fy}{E}}$$

Apabila : $\lambda c \leq 0,25 \longrightarrow \omega = 1$

$0,25 < \lambda c < 1,2 \longrightarrow \omega = \dfrac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda c}$

$\lambda c \geq 1,2 \longrightarrow \omega = 1,25.\lambda_C^{\,2}$

$$\phi Rn = \phi(1{,}2.Fu.d.t)$$

$$n = \frac{P}{\phi Rn}$$

$$Fcr = \frac{Fy}{\omega}$$

$$\phi Pn = \phi.Ag.Fy$$

$$\phi Pn > P$$

2.3. Perencanaan Tangga

Untuk perhitungan penulangan tangga dipakai kombinasi pembebanan akibat beban mati dan beban hidup yang disesuaikan dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (**PPIUG 1989**) dan **SNI 03-2847-2002** dan analisa struktur mengunakan perhitungan **SAP 2000.**

sedangkan untuk tumpuan diasumsikan sebagai berikut :

- Tumpuan bawah adalah jepit.
- Tumpuan tengah adalah jepit.
- Tumpuan atas adalah jepit.

Perhitungan untuk penulangan tangga

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

dimana, $\phi = 0{,}80$

$$m = \frac{f_y}{0{,}85 x f'_c}$$

$$Rn = \frac{M_n}{bxd^2}$$

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

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600 + fy}\right)$$

$$\rho_{max} = 0{,}75 \ . \ \rho b$$

$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$ ⟶ tulangan tunggal

$\rho < \rho_{min}$ ⟶ dipakai $\rho_{min} = 0{,}0025$

As $= \rho_{ada} \cdot b \cdot d$

Luas tampang tulangan

As = $\rho x b x d$

2.4. Perencanaan Plat Lantai

1. Pembebanan :
   - Beban mati
   - Beban hidup : 250 kg/m^2
2. Asumsi Perletakan : jepit penuh
3. Analisa struktur menggunakan tabel 13.3.2 **PPIUG 1989.**
4. Analisa tampang menggunakan **SNI 03-2847-2002.**

Pemasangan tulangan lentur disyaratkan sebagai berikut :

1. Jarak minimum tulangan sengkang 25 mm
2. Jarak maksimum tulangan sengkang 240 atau 2h

Penulangan lentur dihitung analisa tulangan tunggal dengan langkah-langkah sebagai berikut :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

dimana, $\phi = 0{,}80$

$$m = \frac{f_y}{0{,}85 x f'_c}$$

$$Rn = \frac{M_n}{bxd^2}$$

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

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600 + fy}\right)$$

$$\rho_{max} = 0{,}75 \cdot \rho b$$

$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$ ⟶ tulangan tunggal

$\rho < \rho_{min}$ ⟶ dipakai $\rho_{min} = 0{,}0025$

As $= \rho_{ada} \cdot b \cdot d$

Luas tampang tulangan

As $= \rho x b x d$

2.5. Perencanaan Balok Anak

1. Pembebanan
2. Asumsi Perletakan : sendi - sendi
3. Analisa struktur pada perencanaan atap ini menggunakan program **SAP 2000**.
4. Analisa tampang menggunakan peraturan **SNI 03-2847-2002.**

Perhitungan tulangan lentur :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

dimana, $\phi = 0{,}80$

$$m = \frac{f_y}{0{,}85 x f'_c}$$

$$Rn = \frac{M_n}{bxd^2}$$

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

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600 + fy}\right)$$

ρ_{max} $= 0{,}75 \, . \, \rho b$

$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$ ⟶ tulangan tunggal

$\rho < \rho_{min}$ ⟶ dipakai $\rho_{min} = \dfrac{1{,}4}{f'_y}$

Perhitungan tulangan geser :

$\phi = 0{,}60$

$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{f'c} xbxd$

ϕ Vc = 0,6 x Vc

ϕ.Vc $\leq$ Vu $\leq$ 3 ϕ Vc

(perlu tulangan geser)

Vu < ∅ Vc < 3 Ø Vc

(tidak perlu tulangan geser)

Vs perlu = Vu – Vc

(pilih tulangan terpasang)

Vs ada = $\frac{(Av.fy.d)}{s}$

(pakai Vs perlu)

2.6. Perencanaan Portal

1. Pembebanan
2. Asumsi Perletakan
   - Jepit pada kaki portal.
   - Bebas pada titik yang lain
3. Analisa struktur pada perencanaan atap ini menggunakan program **SAP 2000**.
4. Analisa tampang menggunakan peraturan **SNI 03-2847-2002.**

Perhitungan tulangan lentur :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

dimana, $\phi = 0{,}80$

m $= \frac{f_y}{0{,}85 x f'_c}$

Rn $= \frac{M_n}{bxd^2}$

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

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

ρ_{max} = 0,75 . ρb

$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$ ⟶ tulangan tunggal

$\rho < \rho_{min}$ ⟶ dipakai $\rho_{min} = \frac{1{,}4}{f'_y}$

Perhitungan tulangan geser :

$\phi = 0{,}60$

$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{f'c} x b x d$

$\phi Vc = 0{,}6 \text{ x } Vc$

$\phi .Vc \leq Vu \leq 3\ \phi\ Vc$

(perlu tulangan geser)

$Vu < \varnothing\ Vc < 3\ \text{Ø}\ Vc$

(tidak perlu tulangan geser)

Vs perlu = Vu – Vc

(pilih tulangan terpasang)

$$Vs\ ada = \frac{(Av.fy.d)}{s}$$

(pakai Vs perlu)

2.7. Perencanaan Pondasi

1. Pembebanan : Beban aksial dan momen dari analisa struktur portal akibat beban mati dan beban hidup.
2. Analisa tampang menggunakan peraturan **SNI 03-2847-2002**.

Perhitungan kapasitas dukung pondasi :

$$\sigma_{\text{yang terjadi}} = \frac{\text{Vtot}}{\text{A}} + \frac{\text{Mtot}}{\frac{1}{6}.\text{b.L}^2}$$

$= \sigma_{\tan ahterjadi} < \sigma$ ijin tanah…..........(dianggap aman)

Sedangkan pada perhitungan tulangan lentur

$$\text{Mu} = \tfrac{1}{2} \,.\, \text{qu} \,.\, \text{t}^2$$

$$\text{m} = \frac{f_y}{0{,}85 x f'_c}$$

$$\text{Rn} = \frac{M_n}{bxd^2}$$

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

$$\rho\text{b} = \frac{0{,}85.\text{fc}}{\text{fy}}.\beta.\left(\frac{600}{600 + \text{fy}}\right)$$

ρ_{max} = 0,75 . ρb

$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$ ⟶ tulangan tunggal

$\rho < \rho_{min}$ ⟶ dipakai ρ_{min} = 0,0036

As = ρ_{ada} . b . d

Luas tampang tulangan

As = $\rho x b x d$

Perhitungan tulangan geser :

Vu $= \sigma$ x A $_{efektif}$

$\phi = 0{,}60$

$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{f'c} xbxd$

ϕVc = 0,6 x Vc

ϕ.Vc $\leq$ Vu $\leq 3\ \phi$ Vc

(perlu tulangan geser)

Vu < ∅ Vc < 3 Ø Vc

(tidak perlu tulangan geser)

Vs perlu = Vu – Vc

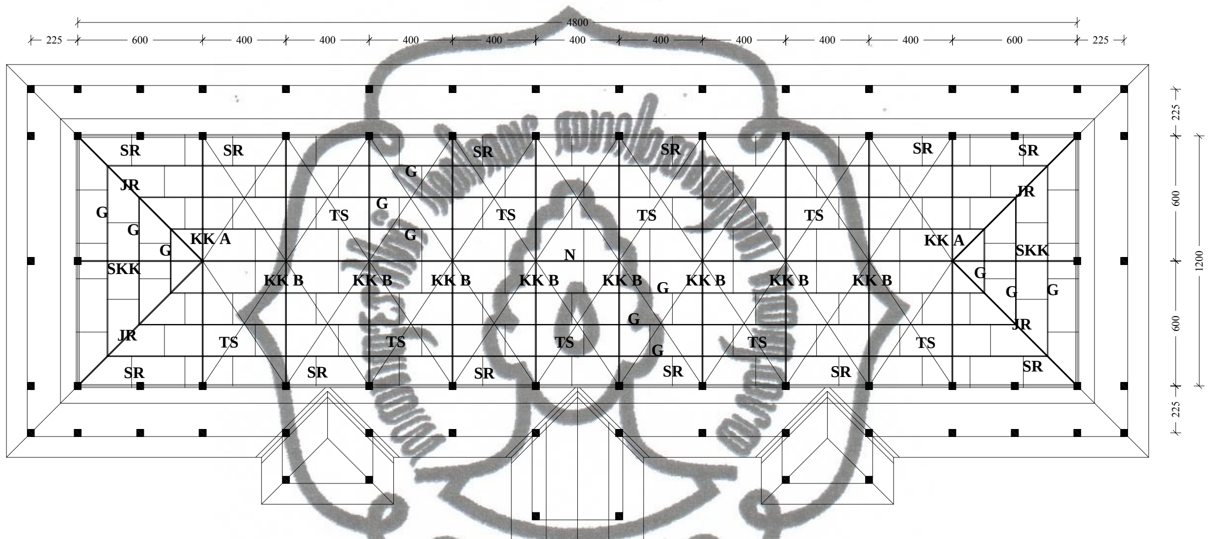
(pilih tulangan terpasang)

Vs ada = $\dfrac{(Av.fy.d)}{s}$

(pakai Vs perlu)

BAB 3
PERENCANAAN ATAP

3.1 . Rencana Atap



Gambar 3.1 Denah Rencana Atap

Keterangan :

KK A	= Kuda-kuda utama A	G	= Gording
KK B	= Kuda-kuda utama B	N	= Nok
SKK	= Setengah kuda-kuda	JR	= Jurai
SR	= Sag Rod	TS	= Track Stang

3.1.1. Dasar Perencanaan

Secara umum data yang digunakan untuk perhitungan rencana atap adalah sebagai berikut :

a. Bentuk rangka kuda-kuda : seperti tergambar.
b. Jarak antar kuda-kuda : 4,00 m
c. Kemiringan atap (α) : 35°
d. Bahan gording : baja profil *lip channels* ( ).
e. Bahan rangka kuda-kuda : baja profil *double* siku sama kaki (⊥⊥).
f. Bahan penutup atap : genteng.
g. Alat sambung : baut-mur.
h. Jarak antar gording : 1,831 m
i. Bentuk atap : Limasan.
j. Mutu baja profil : Bj-37 (σ_{leleh} = 1600 kg/cm^2)
($\sigma_{ultimate}$ = 2400 kg/cm^2)

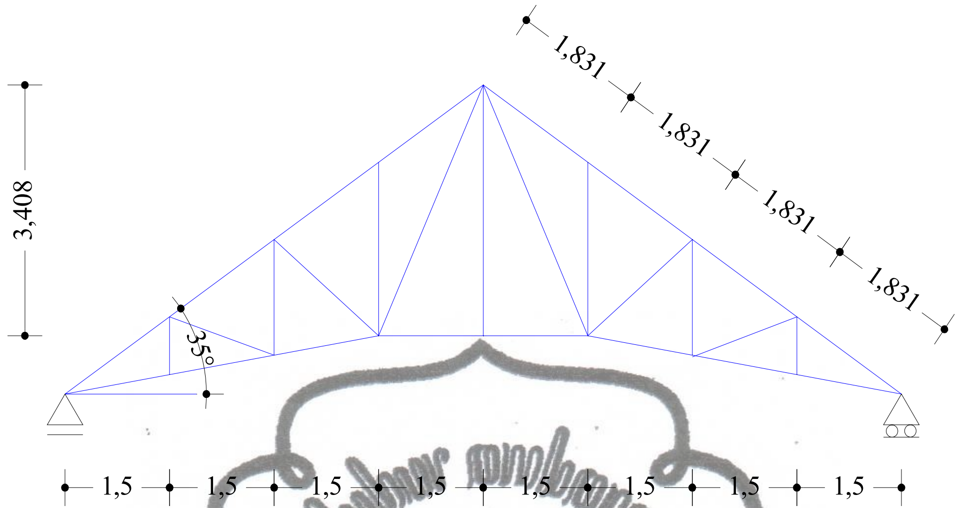
3.2 . Perencanaan Gording

3.2.1. Perencanaan Pembebanan

Dicoba menggunakan gording dengan dimensi baja profil tipe *lip channels*/ kanal kait ( ) 150 x 75 x 20 x 4,5 pada perencanaan kuda- kuda dengan data sebagai berikut :

a. Berat gording = 11 kg/m.
b. I_x = 489 cm^4.
c. I_y = 99,2 cm^4.
d. h = 150 mm
e. b = 75 mm
f. t_s = 4,5 mm
g. t_b = 4,5 mm
h. Z_x = 65,2 cm^3.
i. Z_y = 19,8 cm^3.

Kemiringan atap (α) = 35°.
Jarak antar gording (s) = 1,831 m.
Jarak antar kuda-kuda (L) = 4,00 m.



Gambar 3.2. Rencana Kuda-kuda

Pembebanan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung **(PPIUG 1989)**, sebagai berikut :

a. Berat penutup atap = 50 kg/m^2.

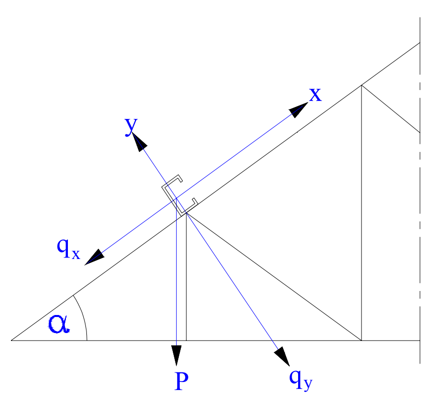
b. Beban angin = 25 kg/m^2.

c. Berat hidup (pekerja) = 100 kg.

d. Berat penggantung dan plafond = 18 kg/m^2

3.2.2. Perhitungan Pembebanan

a. Beban Mati (titik)



Berat gording		= 11	kg/m
Berat penutup atap	= 1,831 x 50	= 91,5	kg/m
Berat penggantung dan plafon	= (1,5 x 18)	= 27	kg/m +
		= 129,5	kg/m

Pada arah sumbu lemah dipasang treckstang pada tengah bentang sehingga L_y = ½ x jarak kuda-kuda = 2 m

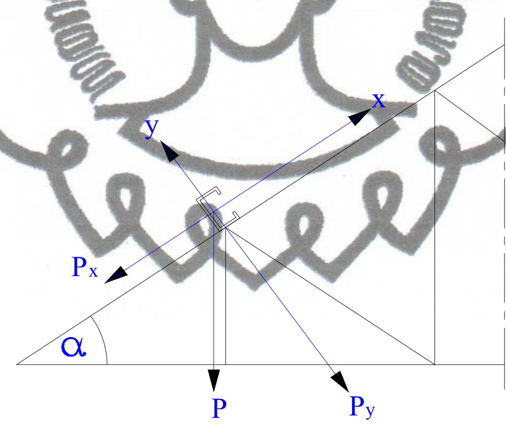
q_x = q sin α = 129,5 x sin 35° = 74,278 kg/m.

q_y = q cos α = 129,5 x cos 35° = 106,080 kg/m.

M_{x1} = $^1/_8 \cdot q_y \cdot L_x^2$ = $^1/_8$ x 106,080 x $(4)^2$ = 212,160 kgm.

M_{y1} = $^1/_8 \cdot q_x \cdot L_y^2$ = $^1/_8$ x 74,278 x $(2)^2$ = 37,139 kgm.

b. Beban hidup



P diambil sebesar 100 kg.

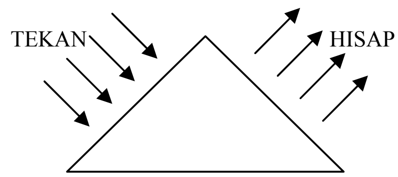
P_x = P sin α = 100 x sin 35° = 57,358 kg.

P_y = P cos α = 100 x cos 35° = 81,916 kg.

M_{x2} = $^1/_4 \cdot P_y \cdot L_x$ = $^1/_4$ x 81,915 x 4 = 81,916 kgm.

M_{y2} = $^1/_4 \cdot P_x \cdot L_y$ = $^1/_4$ x 57,358 x 2 = 28,679 kgm.

c. Beban angin



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

Koefisien kemiringan atap (α) = 35°.

1) Koefisien angin tekan = (0,02α – 0,4) = 0,3

2) Koefisien angin hisap = – 0,4

Beban angin :

1) Angin tekan (W_1) = koef. Angin tekan x beban angin x 1/2 x (s_1+s_2)
= 0,3 x 25 x ½ x (1,831+1,831) = 13,725 kg/m.

2) Angin hisap (W_2) = koef. Angin hisap x beban angin x 1/2 x (s_1+s_2)
= – 0,4 x 25 x ½ x (1,831+1,831) = -18,30 kg/m.

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

1) $M_{x\,(tekan)}$ = $^1/_8$. W_1 . L^2 = $^1/_8$ x 13,725 x $(4)^2$ = 27,45 kgm.

2) $M_{x\,(hisap)}$ = $^1/_8$. W_2 . L^2 = $^1/_8$ x -18,30 x $(4)^2$ = -36,60 kgm.

Tabel 3.1 Kombinasi gaya dalam pada gording

Momen	Beban Mati (kgm)	Beban Hidup (kgm)	Beban Angin		Kombinasi	
			Tekan (kgm)	Hisap (kgm)	Minimum (kgm)	Maksimum (kgm)
Mx	212,160	81,916	27,45	-36,60	257,476	321,526
My	37,139	28,679	-	-	65,818	65,818

3.2.3. Kontrol Terhadap Tegangan

- Kontrol terhadap momen Maximum

  Mx = 321,526 kgm = 32152,6 kgcm.

  My = 65,818 kgm = 6581,8 kgcm.

  Asumsikan penampang kompak :

  M_{nx} = Zx.fy = 65,2. 2400 = 156480 kgcm

  M_{ny} = Zy.fy = 19,8. 2400 = 47520 kgcm

  Check tahanan momen lentur yang terjadi :

$$\frac{Mx}{\phi_b.M_{nx}} + \frac{My}{\phi.M_{ny}\,\frac{1}{2}} \leq 1$$

$$\frac{32152{,}6}{0{,}9.156480} + \frac{6581{,}8}{0{,}9.47520.\frac{1}{2}} = 0{,}596 \leq 1 \text{ ....ok}$$

- Kontrol terhadap momen Minimum

  Mx = 257,476 kgm = 25747,6 kgcm.

  My = 65,818 kgm = 6581,8 kgcm.

  Asumsikan penampang kompak :

  M_{nx} = Zx.fy = 65,2. 2400 = 156480 kgcm

  M_{ny} = Zy.fy = 19,8. 2400 = 47520 kgcm

  Check tahanan momen lentur yang terjadi :

$$\frac{Mx}{\phi_b.M_{nx}} + \frac{My}{\phi.M_{ny}\,\frac{1}{2}} \leq 1$$

$$\frac{25747{,}6}{0{,}9.156480} + \frac{6581{,}8}{0{,}9.47520.\frac{1}{2}} = 0{,}497 \leq 1 \text{ ....ok}$$

3.2.4 Kontrol Terhadap Lendutan

Di coba profil : 150 x 75 x 20 x 4,5 qx = 0,74278 kg/cm

E = 2,1 x 10^6 kg/cm^2 qy = 1,06080 kg/cm

Ix = 489 cm^4 Px = 57,358 kg

Iy = 99,2 cm^4 Py = 81,916 kg

$$Zijin = \frac{1}{240} \times 400 = 1,667 \text{ cm}$$

$$Zx = \frac{5.qx.L^4}{384.E.Iy} + \frac{Px.L^3}{48.E.Iy}$$

$$= \frac{5.0,74278.(400)^4}{384.2,1.10^6.99,2} + \frac{57,358.400^3}{48.2,1.10^6.99,2} = 1,556 \text{ cm}$$

$$Zy = \frac{5.qy.l^4}{384.E.Ix} + \frac{Py.L^3}{48.E.Ix}$$

$$= \frac{5.1,06080.(400)^4}{384.2,1\times 10^6.489} + \frac{81,916.(400)^3}{48.2,1.10^6.489} = 0,443 \text{ cm}$$

$$Z = \sqrt{Zx^2 + Zy^2}$$

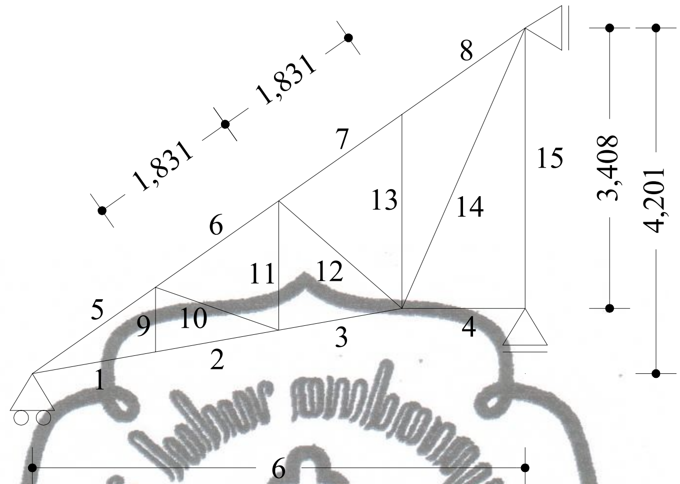
$$= \sqrt{(1,556)^2 + (0,443)^2} = 1,618 \text{ cm}$$

$Z \le Z_{ijin}$

1,618 cm ≤ 1,667 cm …………… aman !

Jadi, baja profil ***lip channels*** (⊏) dengan dimensi **150 x 75 x 20 x 4,5** aman dan mampu menerima beban apabila digunakan untuk gording.

3.3. Perencanaan Setengah Kuda-kuda



Gambar 3.3. Rangka Batang Setengah Kuda- kuda

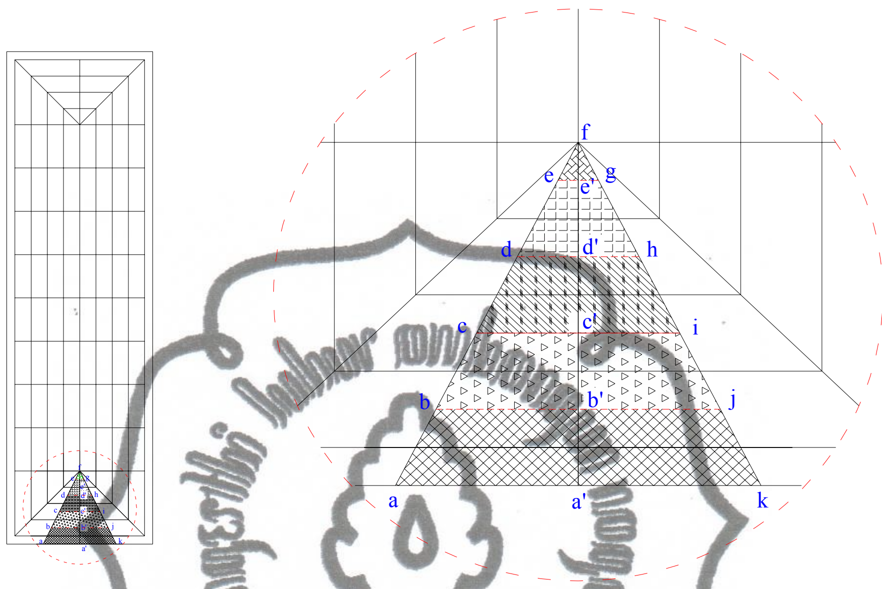
3.3.1. Perhitungan Panjang Batang Setengah Kuda-kuda

Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 3.2 Perhitungan panjang batang pada setengah kuda-kuda

Nomer Batang	Panjang Batang
1	1,523 m
2	1,523 m
3	1,523 m
4	1,500 m
5	1,831 m
6	1,831 m
7	1,831 m
8	1,831 m
9	0,786 m
10	1,588 m
11	1,572 m
12	1,990 m
13	2,357 m
14	3,723 m
15	3,408 m

3.3.2. Perhitungan luasan Setengah Kuda-kuda.



Gambar 3.4. Luasan Atap Setengah Kuda-kuda

Panjang **ak** = 6,75 m

Panjang **bj** = 5,25 m

Panjang **ci** = 3,75 m

Panjang **dh** = 2,25 m

Panjang **eg** = 0,75 m

Panjang **a'b'** = 1,831 m

Panjang **b'c'** = c'd' = d'e' = 1,831 m

Panjang **e'f'** = ½ x 1,831 = 0,915 m

Luas atap abjk $= (\dfrac{ak + bj}{2} x a' b')$

$= (\dfrac{6{,}75 + 5{,}25}{2}) x 1{,}831 = 10{,}986 \text{ m}^2$

Panjang gording = ½ x (ak + bj)

= ½ x (6,75 + 5,25) = 6 m

Luas atap bjic $= (\frac{bj + ci}{2} x b'c')$

$= (\frac{5,25 + 3,75}{2}) x 1,831 = 8,240 \text{ m}^2$

Panjang gording = ½ x (bj + ci)

= ½ x (5,25 + 3,75) = 4,5 m

Luas atap cdhi $= (\frac{ci + dh}{2} x c'd')$

$= (\frac{3,75 + 2,25}{2}) x 1,831 = 5,493 \text{ m}^2$

Panjang gording = ½ x (ci + dh)

= ½ x (3,75 + 2,25) = 3 m

Luas atap degh $= (\frac{dh + eg}{2} x d'e')$

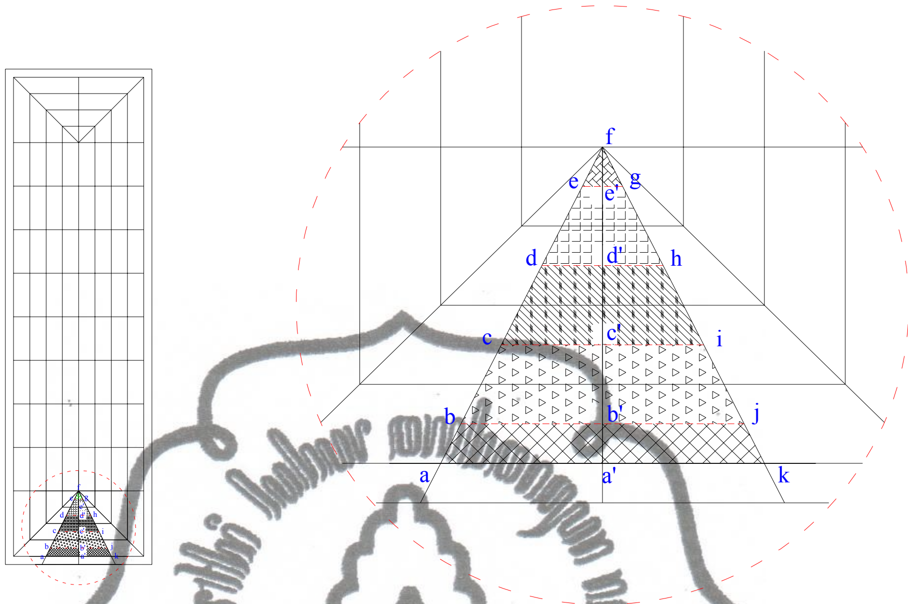
$= (\frac{2,25 + 0,75}{2}) x 1,831 = 2,747 \text{ m}^2$

Panjang gording = ½ x (dh + eg)

= ½ x (2,25 + 0,75) = 1,5 m

Luas atap efg **=** ½. eg ×e'f

= ½. 0,75×0,915 = 0,343



Gambar 3.5. Luasan Plafon

Panjang	**ak**	= 6,00 m
Panjang	**bj**	= 5,25 m
Panjang	**ci**	= 3,75 m
Panjang	**dh**	= 2,25 m
Panjang	**eg**	= 0,75 m
Panjang	**a'b'**	= e'f = 0,75 m
Panjang	**b'c'**	= c'd' = d'e' = 1,50 m

Luas plafon abjk $= (\dfrac{ak + bj}{2} x a'b')$

$= (\dfrac{6,00 + 5,25}{2}) x 1,50 = 4,313 \text{ m}^2$

Luas plafon bjic $= (\dfrac{bj + ci}{2} x b'c')$

$= (\dfrac{5,25 + 3,75}{2}) x 1,50 = 6,00 \text{ m}^2$

Luas plafon cdhi $= (\frac{ci + dh}{2} xc'd')$

$= (\frac{3,75 + 2,25}{2})x1,50 = 4,50$ m^2

Luas plafon degh $= (\frac{dh + eg}{2} xd'e')$

$= (\frac{2,25 + 0,75}{2})x1,50 = 2,25$ m^2

Luas plafon efg = ½. eg ×e'f

= ½. 0,75×0,75 = 0,281 m^2

3.3.3. Perhitungan Pembebanan Setengah Kuda-kuda

Data-data pembebanan :

Berat gording = 11 kg/m (sumber tabel baja)

Jarak antar kuda-kuda = 4,00 m (sumber : gambar perencanaan)

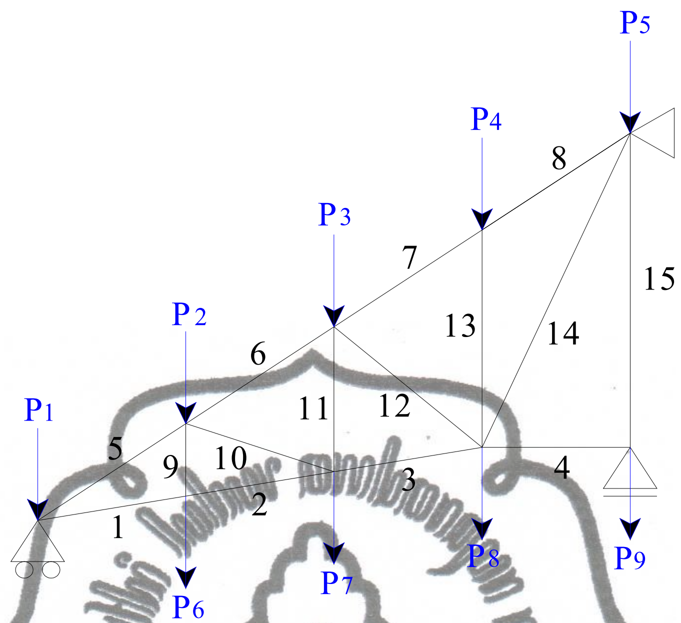
Berat penutup atap = 50 kg/m^2 (sumber PPIUG 1989)

Berat profil = 25 kg/m (sumber : tabel baja)

Berat penggantung dan plafond =18 kg/m^2(sumber PPIUG 1989)

Beban hujan = (40 – 0,8α) kg/m^2(sumber PPIUG 1989)

= (40 – 0,8 × 35) = 12 kg/m^2



Gambar 3.6. Pembebanan Setengah Kuda-kuda akibat beban mati

a) **Perhitungan Beban**

➢ **Beban Mati**

1) Beban P_1

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 6 = 66 kg

b) Beban atap = Luasan atap **abjk** x Berat atap
= 10,986 x 50 = 549,3 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (1 + 5) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,523 + 1,831) x 25 = 41,925 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 41,925 = 12,578 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 41,925 = 4,193 kg

f) Beban plafon = Luasan plafond **abjk** x berat plafon
= 4,313 x 18 = 77,634 kg

2) Beban P_2

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 4,5 = 49,5 kg

b) Beban atap = Luasan atap **bcij** x berat atap
= 8,240 x 50 = 412 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (5 + 9 + 10 +6) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,831 + 0,786 + 1,588 + 1,831) x 25
= 71,60 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 71,60 = 21,48 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 71,60 = 7,160 kg

3) Beban P_3

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 3 = 33 kg

b) Beban atap = Luasan atap **cdhi** x berat atap
= 5,493 x 50 = 274,65 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (6 + 11 + 12 + 7) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,831 + 1,572 + 1,990 + 1,831) x 25
= 90,30 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 90,30 = 27,09 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 90,30 = 9,030 kg

4) Beban P_4

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 1,5 = 16,5 kg

b) Beban atap = Luasan atap **degh** x berat atap
= 2,747 x 50 = 137,35 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (7+ 13 + 8) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,831 + 2,357 + 1,831) x 25
= 75,238 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 75,238 = 22,571 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 75,238 = 7,524 kg

5) Beban P_5

a) Beban atap = Luasan atap **efg** x berat atap
= 0,343 x 50 = 17,15 kg

b) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(8 +15) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,831 + 3,408) x 25 = 65,488 kg

c) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 65,488 = 19,646 kg

d) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 65,488 = 6,549 kg

6) Beban P_6

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(1 + 9 + 2) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,523 +0,786 +1,523) x 25
= 47,90 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 47,90 = 14,37 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 47,90 = 4,790 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **bcij** x berat plafon
= 6 x 18 = 108 kg

7) Beban P_7

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(2 + 10 + 11 + 3) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,523 +1,588 +1,572+1,523) x 25
= 77,575 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 77,575 = 23,273 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 77,575 = 7,758 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **cdhi** x berat plafon
= 4,5 x 18 = 81 kg

8) Beban P_8

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(3+12+13+14+4) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,523 + 1,99 + 2,357 + 3,723 + 1,50) x 25
= 138,663 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 138,663 = 41,599 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 138,663 = 13,866 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **degh** x berat plafon
= 2,25 x 18 = 40,5 kg

9) Beban P_9

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(4 + 15) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,500 + 3,408) x 25
= 61,35 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 61,35 = 18,405 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 61,35 = 6,135 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **efg** x berat plafon
= 0,281 x 18 = 5,058 kg

Tabel 3.3 Rekapitulasi Beban mati

Beban	Beban Atap (kg)	Beban gording (kg)	Beban Kuda - kuda (kg)	Beban Bracing (kg)	Beban Plat Penyambug (kg)	Beban Plafon (kg)	Jumlah Beban (kg)	Input SAP 2000 (kg)
P_1	549,3	66	41,925	4,193	12,578	77,63	751,63	752
P_2	412	49,5	71,60	7,160	21,48	---	561,74	562
P_3	274,65	33	90,30	9,030	22,571	---	429,551	430
P_4	137,35	16,5	75,238	7,524	27,09	---	263,702	264
P_5	17,15	---	65,488	6,549	19,646	---	108,833	109
P_6	---	---	47,90	4,790	14,37	108	175,06	176
P_7	---	---	77,575	7,758	23,273	81	189,606	190
P_8	---	---	138,663	13,866	41,599	40,5	234,648	235
P_9	---	---	61,35	6,135	18,405	5,058	90,948	91

- **Beban Hidup**

Beban hidup yang bekerja pada P_1, P_2, P_3, P_4,P_5 = 100 kg**(PPIUG 1989)**.

- **Beban Hujan**

Beban terbagi rata per m^2 bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar (40 – 0,8 α) kg/m^2**(PPIUG 1989)**.

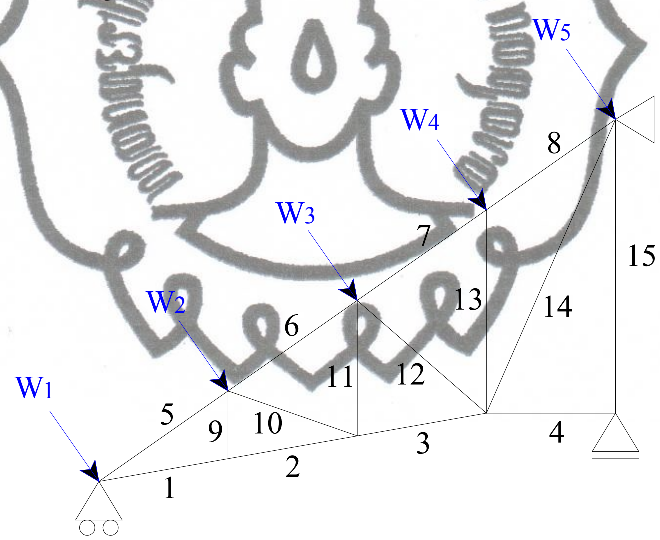
1) Beban R1 = beban hujan x luas atap **abjk**
   = 12 x 10,986 = 131,832 kg
2) Beban R2 = beban hujan x luas atap **bcij**
   = 12 x 8,240 = 98,880 kg
3) Beban R3 = beban hujan x luas atap **cdhi**
   = 12 x 5,493 = 65,916 kg
4) Beban R4 = beban hujan x luas atap **degh**
   = 12 x 2,747 = 32,964 kg
5) Beban R5 = beban hujan x luas atap **efg**
   = 12 x 0,343 = 4,116 kg

Tabel 3.4 Rekapitulasi Beban Hujan

Beban	Beban Hujan (kg)	Input SAP (kg)
R_1	131,832	132
R_2	98,880	99
R_3	65,916	66
R_4	32,964	33
R_5	4,116	5

- **Beban Angin**

Perhitungan beban angin :



Gambar 3.7. Pembebanan setengah kuda-kuda akibat beban angin

Beban angin kondisi normal, minimum = 25 kg/m^2. **(PPIUG 1989)**.

1) Koefisien angin tekan = 0,02α – 0,40

= (0,02 x 35) – 0,40 = 0,3

a) W_1 = luasan atap **abjk** x koef. angin tekan x beban angin

= 10,986 x 0,3 x 25 = 82,935 kg

b) W_2 = luasan atap **bcij** x koef. angin tekan x beban angin
= 8,240 x 0,3 x 25 = 61,800 kg

c) W_3 = luasan atap **cdhi** x koef. angin tekan x beban angin
= 5,493 x 0,3 x 25 = 41,198 kg

d) W_4 = luasan atap **degh** x koef. angin tekan x beban angin
= 2,747 x 0,3 x 25 = 20,603 kg

e) W_5 = luasan atap **efg** x koef. angin tekan x beban angin
= 0,343 x 0,3 x 25 = 2,573 kg

Tabel 3.5. Perhitungan beban angin

Beban Angin	Beban (kg)	Wx *W.Cos* α (kg)	(Untuk Input SAP2000)	Wy *W.Sin* α (kg)	(Untuk Input SAP2000)
W_1	82,935	67,936	68 kg	47,569	48 kg
W_2	61,800	50,624	51 kg	35,447	36 kg
W_3	41,198	33,747	34 kg	23,630	24 kg
W_4	20,603	16,877	17 kg	11,817	12 kg
W_5	2,573	2,108	3 kg	1,476	2 kg

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

Tabel 3.6. Rekapitulasi gaya batang setengah kuda-kuda

Batang	kombinasi	
	Tarik (+) (kg)	Tekan (-) (kg)
1	1074,40	-
2	1089,75	-
3	293,49	-
4	-	2059,44
5	-	1403,92
6	-	278,61
7	1228,38	-
8	1430,17	-
9	174,68	-
10	-	957,01
11	924,56	-
12	1577,32	-
13	-	430,24
14	2064,57	-
15	79,85	-

3.3.4. Perencanaan Profil Setengah Kuda- kuda

a. Perhitungan profil batang tarik

$P_{maks.}$ = 2064,57 kg

F_y = 2400 kg/cm^2 (240 MPa)

F_u = 3700 kg/cm^2 (370 MPa)

$$\text{Ag perlu} = \frac{P_{mak.}U}{Fy} = \frac{2064{,}57.1{,}4}{2400} = 1{,}204 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil ⊥ **40 . 40 . 5**

Dari tabel baja didapat data-data :

Ag = 2 x 3,79 = 7,58cm^2

$\bar{x}$ = 1,16 cm

An = Ag-dt

= 758 – 14,7.5 = 684,5 mm^2

L = Sambungan dengan Diameter

= 3.12,7 =38,1 mm

$\bar{x} = 11{,}6$ mm

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \leq 1$$

$$= 1 - \frac{11{,}6}{38{,}1} = 0{,}695$$

Ae = U.An

= 0,695.684,5

= 475,723 mm^2

Check kekuatan nominal

$\phi Pn = 0{,}75.Ae.Fu$

= 0,75. 475,728.370

= 132014,381 N

= 13201,438 kg > 2064,57 kg……OK

b. Perhitungan profil batang tekan

$P_{maks.}$ = 2059,44 kg

lk = 1,5 m = 150 cm

$$\text{Ag perlu} = \frac{P_{mak}.U}{Fy} = \frac{2059{,}44.1{,}4}{2400} = 1{,}201 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil ⊥ **40 . 40 . 5**

Ag = 2 x 3,79 = 7,58 cm^2 r = 1,20 cm

Periksa kelangsingan penampang :

$$\frac{b}{.t} < \frac{200}{\sqrt{Fy}} = \frac{40}{5} < \frac{200}{\sqrt{240}}$$

$$= 8 < 12{,}9$$

$$\lambda = \frac{K.L}{r} = \frac{1.150}{1{,}20} = 125$$

$$\lambda c = \frac{\lambda}{\pi}\sqrt{\frac{Fy}{E}}$$

$$= \frac{125}{3{,}14}\sqrt{\frac{240}{200000}}$$

$$= 1{,}379 \ldots\ldots \lambda c \geq 1{,}2 \longrightarrow \omega = 1{,}25.\lambda_c^{\,2}$$

$$\omega = 1{,}25.\lambda_c^{\,2} = 1{,}25.\,(1{,}379^2)$$

$$= 2{,}377$$

$$Pn = Ag.Fcr$$

$$= 7{,}58.\frac{2400}{2{,}37}$$

$$= 7675{,}949$$

$$\frac{P}{\phi Pn} = \frac{2059{,}44}{0{,}85.7675{,}949}$$

$$= 0{,}316 < 1 \ldots\ldots\ldots\ldots\text{OK}$$

3.3.5. Perhitungan Alat Sambung

a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur. (A_{490},$F_u^{\,b}$ = 825 N/mm^2)

Diameter baut (∅) = 12,7 mm (½ inches)

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung (δ) = 0,625 . d

= 0,625 . 12,7 = 7,94 mm.

Menggunakan tebal plat 8 mm. (BJ 37,f_u = 3700 kg/cm^2)

- Tahanan geser baut

  P_n = n.(0,5.f^{ub}).An

  = 2.(0,5.825) .¼ . π . 12,7^2 = 10445,54 kg/baut

- Tahanan tarik penyambung

  P_n = 0,75.f^{ub}.An

  = (0,75.825) .¼ . π . 12,7^2 = 7834,14 kg/baut

- Tahanan Tumpu baut :

  P_n = 0,75 (2,4.fu.dt)

  = 0,75 (2,4.370.12,7.8)

  = 6766,56 kg/baut

P yang menentukan adalah P_{tumpu} = 6766,56 kg.

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P} = \frac{2059,44}{6766,56} = 0,304 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

a) $5d \leq S \leq 15t$ atau 200 mm

Diambil, S_1 = 5 d = 5. 12,7

= 63,5 mm

= 60 mm

b) 2,5 d $\leq S_2 \leq$ (4t +100) atau 200 mm

Diambil, S_2 = 2,5 d = 2,5 . 12,7

= 31,75 mm = 30 mm

b. Batang tarik

Digunakan alat sambung baut-mur. (A_{490},F_u^b = 825 N/mm^2)

Diameter baut (∅) = 12,7 mm (½ inches)

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung (δ) = 0,625 . d

= 0,625 . 12,7 = 7,94 mm.

Menggunakan tebal plat 8 mm. (BJ 37,f_u = 3700 kg/cm^2)

- Tahanan geser baut

  P_n = n.(0,5.f^{ub}).An

  = 2.(0,5.825) .¼ . π . 12,7^2 = 10445,54 kg/baut

- Tahanan tarik penyambung

  P_n = 0,75.f^{ub}.An

  = (0,75.825) .¼ . π . 12,7^2 = 7834,14 kg/baut

- Tahanan Tumpu baut :

  P_n = 0,75 (2,4.fu.dt)

  = 0,75 (2,4.370.12,7.8)

  = 6766,56 kg/baut

P yang menentukan adalah P_{tumpu} = 6766,56 kg.

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P} = \frac{2064,57}{6766,56} = 0,305 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

a) $5d \le S \le 15t$ atau 200 mm

Diambil, S_1 = 5 d = 5. 12,7

= 63,5 mm

= 60 mm

b) $2,5\ d \le S_2 \le (4t + 100)$ atau 200 mm

Diambil, S_2 = 2,5 d = 1,5 . 12,7

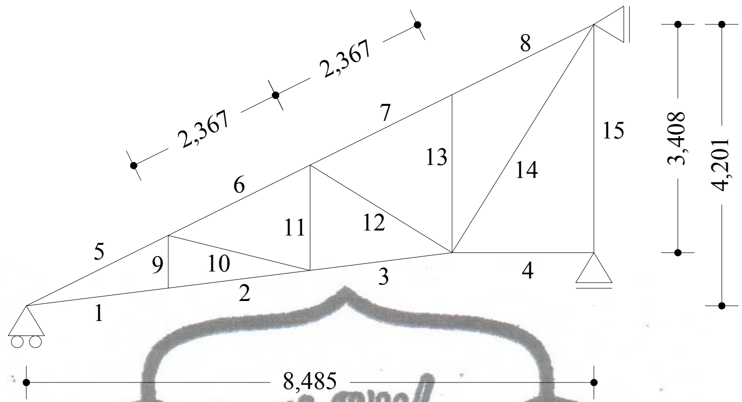
= 31,75 mm

= 30 mm

Tabel 3.7. Rekapitulasi perencanaan profil setengah kuda-kuda

Nomer Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
2	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
3	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
4	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
5	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
6	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
7	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
8	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
9	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
10	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
11	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
12	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
13	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
14	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
15	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7

3.4. Perencanaan Jurai



Gambar 3.8. Rangka Batang jurai

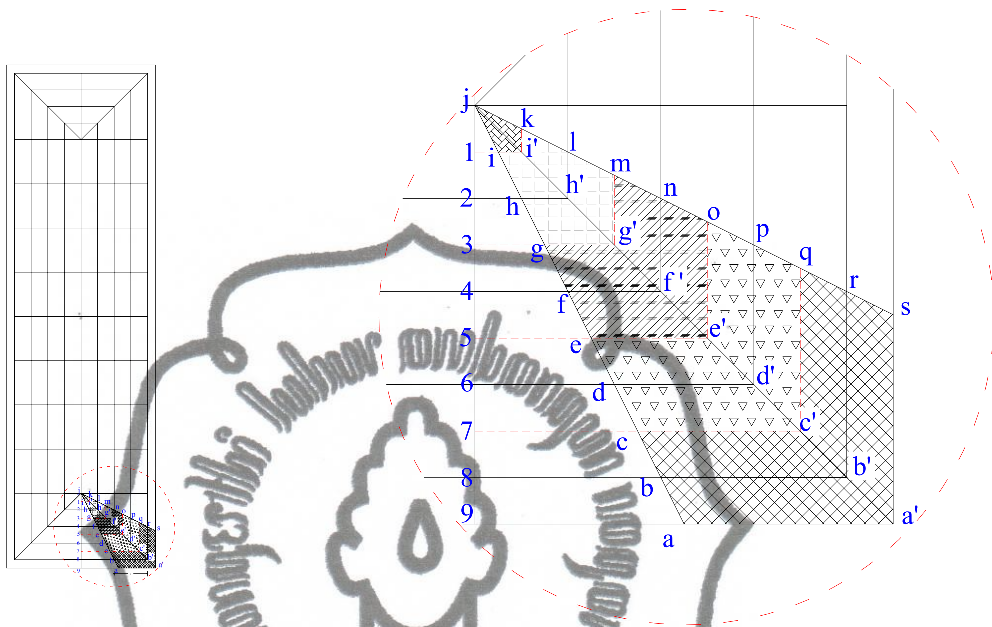
3.4.1. Perhitungan Panjang Batang jurai

Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 3.8. Perhitungan panjang batang pada jurai

Nomer Batang	Panjang Batang
1	2,138 m
2	2,138 m
3	2,138 m
4	2,121 m
5	2,367 m
6	2,367 m
7	2,367 m
8	2,367 m
9	0,730 m
10	2,184 m
11	2,492 m
12	1,572 m
13	2,492 m
14	4,014 m
15	3,408 m

3.4.2. Perhitungan luasan jurai



Gambar 3.9. Luasan Atap Jurai

Panjang j-1 = ½ . 1,831 = 0,915 m g

Panjang 1-2 = 2-3 = 3-4 = 4-5 = 5-6 = 6-7 = 7-8 = 8-9 = 0,915 m

Panjang **aa'** = Panjang **a's** = 3,375 m

Panjang **cc'** = Panjang **c'q** = 2,625 m

Panjang **ee'** = Panjang **e'o** = 1,875 m

Panjang **gg'** = Panjang **g'm** = 1,125 m

Panjang **ii'** = Panjang **i'k** = 0,375 m

Luas atap aa'sqc'c $= (2 \text{ x } (\left(\dfrac{aa'+cc'}{2}\right) \text{ x } 7\text{-}9)$

$= (2 \text{ x } (\left(\dfrac{3{,}375+2{,}625}{2}\right) \text{ x } 1{,}831)$

$= 10{,}986 \text{ m}^2$

Panjang gording = ½ x (aa' + cc') x 2

= ½ x (3,375 + 2,625) x 2 = 6 m

Luas atap cc'qoe'e $= (2 \times (\left(\dfrac{cc'+ee'}{2}\right) \times 5\text{-}7)$

$= (2 \times (\left(\dfrac{2{,}625+1{,}875}{2}\right) \times 1{,}831)$

= 8,240 m^2

Panjang gording = ½ x (cc' + ee') x 2

= ½ x (2,625 + 1,875) x 2 = 4,5 m

Luas atap ee'omg'g $= (2 \times (\left(\dfrac{ee'+gg'}{2}\right) \times 3\text{-}5)$

$= (2 \times (\left(\dfrac{1{,}875+1{,}125}{2}\right) \times 1{,}831)$

= 5,493 m^2

Panjang gording = ½ x (ee+ gg') x 2

= ½ x (1,875 + 1,125) x 2 = 3 m

Luas atap gg'mki'i $= (2 \times (\left(\dfrac{gg'+ii'}{2}\right) \times 1\text{-}3)$

$= (2 \times (\left(\dfrac{1{,}125+0{,}375}{2}\right) \times 1{,}831)$

= 2,747 m^2

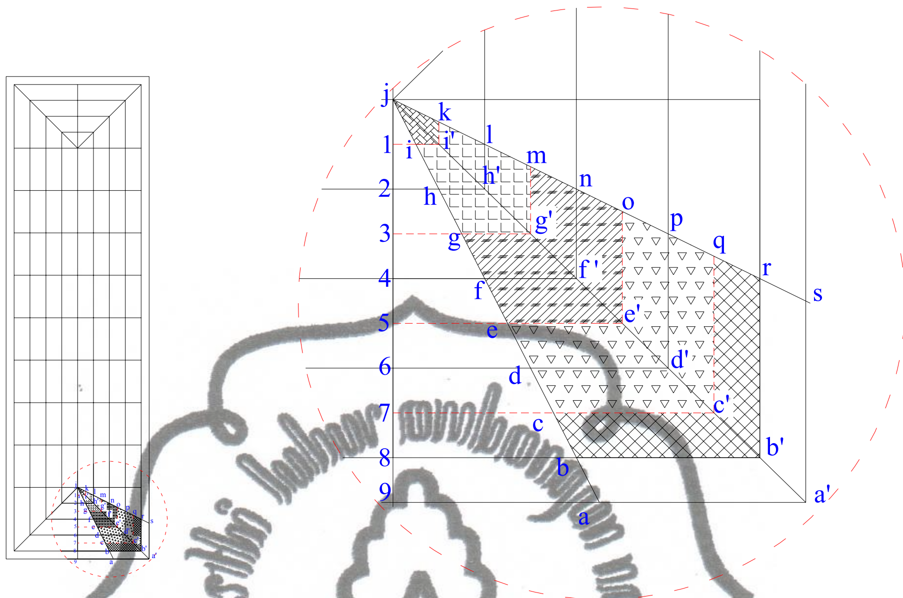
Panjang gording = ½ x (gg' + ii') x 2

= ½ x (1,125 + 0,375) x 2 = 1,5 m

Luas atap jii'k = 2 x (½ x ii' x j-1)

= 2 x (½ x 0,375 x 0,915)

= 0,343 m^2



Gambar 3.10. Luasan Plafon Jurai

Panjang j-1 = ½ . 1,5 = 0,75 m

Panjang 1-2 = 2-3 = 3-4 = 4-5 = 5-6 = 6-7 = 7-8 = 8-9 = 0,75 m

Panjang **bb'** = Panjang **b'r** = 3,000 m

Panjang **cc'** = Panjang **c'q** = 2,625 m

Panjang **ee'** = Panjang **e'o** = 1,875 m

Panjang **gg'** = Panjang **g'm** = 1,125 m

Panjang **ii'** = Panjang **i'k** = 0,375 m

Luas plafon bb'rqc'c $= (2 \text{ x } (\left(\dfrac{bb'+cc'}{2}\right) \text{ x } 7\text{-}8)$

$= (2 \text{ x } (\left(\dfrac{3{,}000+2{,}625}{2}\right) \text{ x } 0{,}75)$

$= 4{,}220 \text{ m}^2$

Luas plafon cc'qoe'e $= (2 \text{ x } (\left(\frac{cc'+ee'}{2}\right) \text{ x5-7})$

$= (2 \text{ x } (\left(\frac{2,625+1,875}{2}\right) \text{ x } 1,5)$

$= 6,750 \text{ m}^2$

Luas plafon ee'omg'g $= (2 \text{ x } (\left(\frac{ee'+gg'}{2}\right) \text{ x } 3\text{-}5)$

$= (2 \text{ x } (\left(\frac{1,875+1,125}{2}\right) \text{ x } 1,5)$

$= 4,500 \text{ m}^2$

Luas plafon gg'mki'i $= (2 \text{ x } (\left(\frac{gg'+ii'}{2}\right) \text{ x } 1\text{-}3)$

$= (2 \text{ x } (\left(\frac{1,125+0,375}{2}\right) \text{ x } 1,5)$

$= 2,25 \text{ m}^2$

Luas plafon jii'k = 2 x (½ x ii' x j-1)

= 2 x (½ x 0,375 x 0,75)

$= 0,281 \text{ m}^2$

3.4.3. Perhitungan Pembebanan Jurai

Data-data pembebanan :

Berat gording = 11 kg/m (sumber tabel baja)

Jarak antar kuda-kuda = 4,00 m (sumber : gambar perencanaan)

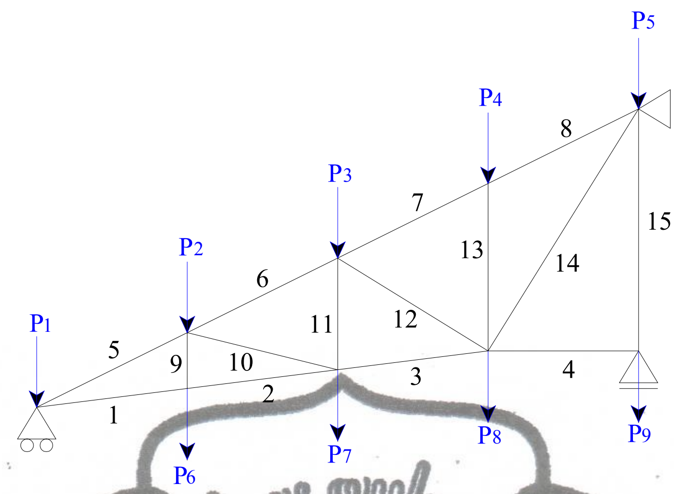
Berat penutup atap = 50 kg/m^2 (sumber PPIUG 1989)

Berat profil = 25 kg/m (sumber : tabel baja)

Berat penggantung dan plafond =18 kg/m^2(sumber PPIUG 1989)

Beban hujan = $(40 – 0,8\alpha)$ kg/m^2(sumber PPIUG 1989)

$= (40 – 0,8 \times 35) = 12 \text{ kg/m}^2$



Gambar 3.11. Pembebanan jurai akibat beban mati

a. Perhitungan Beban

➢ **Beban Mati**

1) Beban P_1

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording **bb'r**

= 11 x 6 = 66 kg

b) Beban atap = Luasan atap **aa'sqc'c** x Berat atap

= 10,986 x 50 = 549,30 kg

c) Beban plafon = Luasan plafond **bb'rqc'c** x berat plafon

= 4,220 x 18 = 75,96 kg

d) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (1 + 5) x berat profil kuda kuda

= ½ x (2,138 + 2,367) x 25

= 56,313 kg

e) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda

= 30% x 56,313 = 16,894 kg

f) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda

= 10% x 56,313 = 5,631 kg

2) Beban P_2

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording **dd'p**
= 11 x 4,5 = 49,5 kg

b) Beban atap = Luasan atap **cc'qoe'e** x berat atap
= 8,240 x 50 = 412 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (5 + 9 + 10+ 6) x berat profil kuda kuda
= ½ x (2,367 + 0,730 + 2,184 + 2,367) x 25
= 95,600 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 95,600 = 28,68 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 95,600 = 9,560 kg

3) Beban P_3

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording **ff'n**
= 11 x 3 = 33 kg

b) Beban atap = Luasan atap **ee'omg'g** x berat atap
= 5,493 x 50 = 274,65 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (6 + 11 + 12 + 7) x berat profil kuda kuda
= ½ x (2,367 + 1,572 + 2,492 + 2,367) x 25
= 109,975 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 109,975 = 32,993 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 109,975 = 10,998 kg

4) Beban P_4

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording **hh'l**
= 11 x 1,5 = 16,5 kg

b) Beban atap = Luasan atap **gg'mki'i** x berat atap
= 2,747 x 50 = 137,35 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (7+ 13 + 8) x berat profil kuda kuda
= ½ x (2,367 + 2,357 + 2,367) x 25
= 88,638 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 88,638 = 26,591 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 88,638 = 8,864 kg

5) Beban P_5

a) Beban atap = Luasan atap **jii'k** x berat atap
= 0,343 x 50 = 17,15 kg

b) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (8 + 14 + 15) x berat profil kuda kuda
= ½ x (2,367 + 4,014 + 3,408) x 25
= 122,363 kg

c) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 122,363 = 36,709 kg

d) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 122,363 = 12,236 kg

6) Beban P_6

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(1 + 9 + 2) x berat profil kuda kuda
= ½ x (2,138 +0,730 +2,138) x 25
= 62,575 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 62,575 = 18,773 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 62,575 = 6,258 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **cc'qoe'e** x berat plafon
= 6,750 x 18 = 108 kg

7) Beban P_7

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(2 + 10 + 11 + 3) x berat profil kuda kuda
= ½ x (2,138 +2,184+1,572+2,138) x 25
= 100,400 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 100,400 = 30,120 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 100,400 = 10,040 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **ee'omg'g** x berat plafon
= 4,5 x 18 = 81 kg

8) Beban P_8

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(3+12+13+14+4) x berat profil kuda kuda
= ½ x (2,138 + 2,492 + 2,357 + 4,014 + 2,121) x 25
= 164,025 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 164,025 = 49,208 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 164,025 = 16,403 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **gg'mki'i** x berat plafon
= 2,25 x 18 = 40,5 kg

9) Beban P_9

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(4 + 15) x berat profil kuda kuda
= ½ x (2,121 + 3,408) x 25
= 90,355 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 90,355 = 27,106 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 90,355 = 9,036 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **jii'k** x berat plafon
= 0,281 x 18 = 5,058 kg

Tabel 3.9. Rekapitulasi beban mati

Beban	Beban Atap (kg)	Beban gording (kg)	Beban Kuda - kuda (kg)	Beban Bracing (kg)	Beban Plat Penyambug (kg)	Beban Plafon (kg)	Jumlah Beban (kg)	Input SAP 2000 (kg)
P_1	549,3	66	56,313	5,631	16,894	75,96	770,098	771
P_2	412	49,5	95,600	9,560	28,680	---	595,340	596
P_3	274,65	33	109,975	10,998	32,993	---	461,616	462
P_4	137,35	16,5	88,638	8,864	26,591	---	277,943	278
P_5	17,15	---	122,363	12,236	37,709	---	189,458	190
P_6	---	---	62,575	6,258	18,773	108	195,606	196
P_7	---	---	100,400	10,040	30,120	81	221,560	222
P_8	---	---	164,025	16,403	49,208	40,5	270,136	271
P_9	---	---	90,355	9,036	27,106	5,058	131,555	132

- **Beban Hidup**

Beban hidup yang bekerja pada P_1, P_2, P_3, P_4 , P_5= 100 kg**(PPIUG 1989)**.

- **Beban Hujan**

Beban terbagi rata per m^2 bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar (40 – 0,8 α) kg/m^2**(PPIUG 1989)**.

1) Beban R1 = beban hujan x luas atap **aa'sqc'c**
 = 12 x 10,986 = 131,832 kg
2) Beban R2 = beban hujan x luas atap **cc'qoe'e**
 = 12 x 8,240 = 98,880 kg
3) Beban R3 = beban hujan x luas atap **ee'omg'g**
 = 12 x 5,493 = 65,916 kg
4) Beban R4 = beban hujan x luas atap **gg'mki'i**
 = 12 x 2,747 = 32,964 kg

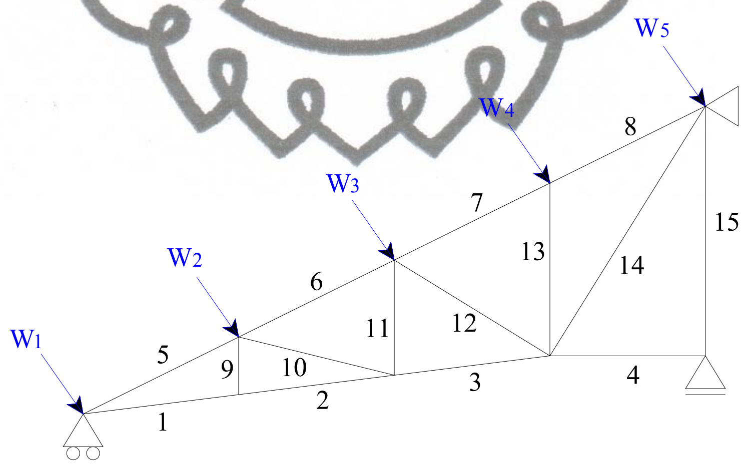
5) Beban R4 = beban hujan x luas atap **jii'k**
= 12 x 0,343 = 4,116 kg

Tabel 3.10. Rekapitulasi Beban Hujan

Beban	Beban Hujan (kg)	Input SAP (kg)
R_1	131,832	132
R_2	98,880	99
R_3	65,916	66
R_4	32,964	33
R_5	4,116	5

- **Beban Angin**

Perhitungan beban angin :



Gambar 3.12. Pembebanan jurai akibat beban angin

Beban angin kondisi normal, minimum = 25 kg/m^2 **(PPIUG 1989)**.

1) Koefisien angin tekan = 0,02α – 0,40

= (0,02 x 35) – 0,40 = 0,3

a) W_1 = luasan atap **aa'sqc'c** x koef. angin tekan x beban angin

= 10,986 x 0,3 x 25 = 82,935 kg

b) W_2 = luasan atap **cc'qoe'e** x koef. angin tekan x beban angin

= 8,240 x 0,3 x 25 = 61,800 kg

c) W_3 = luasan atap **ee'omg'g** x koef. angin tekan x beban angin

= 5,493 x 0,3 x 25 = 41,198 kg

d) W_4 = luasan atap **gg'mki'i** x koef. angin tekan x beban angin

= 2,747 x 0,3 x 25 = 20,603 kg

e) W_5 = luasan atap **jii'k** x koef. angin tekan x beban angin

= 0,343 x 0,3 x 25 = 2,573 kg

Tabel 3.11. Perhitungan beban angin

Beban Angin	Beban (kg)	Wx *W.Cos α* (kg)	(Untuk Input SAP2000)	Wy *W.Sin α* (kg)	(Untuk Input SAP2000)
W_1	82,935	67,936	68 kg	47,569	48 kg
W_2	61,800	50,624	51 kg	35,447	36 kg
W_3	41,198	33,747	34 kg	23,630	24 kg
W_4	20,603	16,877	17 kg	11,817	12 kg
W_5	2,573	2,108	3 kg	1,476	2 kg

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

Tabel 3.12. Rekapitulasi gaya batang jurai

Batang	kombinasi	
	Tarik (+) (kg)	Tekan (-) (kg)
1	1685,38	-
2	1638,06	-
3	293,49	-
4	-	3222,74
5	-	1956,74
6	-	370,12
7	1818,74	-
8	1961,38	-
9	203,15	-
10	-	1420,71
11	1125,108	-
12	-	2143,62
13	-	574,62
14	2687,46	-
15	79,85	-

3.4.4. Perencanaan Profil jurai

a. Perhitungan profil batang tarik

$P_{maks.}$ = 2687,46 kg

F_y = 2400 kg/cm^2 (240 MPa)

F_u = 3700 kg/cm^2 (370 MPa)

$$\text{Ag perlu} = \frac{P_{mak}.U}{Fy} = \frac{2687{,}46.1{,}4}{2400} = 1{,}568 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil ⊥ **40 . 40 . 5**

Dari tabel baja didapat data-data :

Ag = 2 x 3,79 = 7,58cm^2

$\bar{x}$ = 1,16 cm

An = Ag-dt

= 758 – 14,7.5 = 684,5 mm^2

L =Sambungan dengan Diameter

= 3.12,7 = 38,1 mm

$\bar{x} = 11{,}6$ mm

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \leq 1$$

$$= 1- \frac{11{,}6}{38{,}1} = 0{,}695$$

Ae = U.An

= 0,695.684,5

= 475,728 mm^2

Check kekuatan nominal

$\phi Pn = 0{,}75.Ae.Fu$

= 0,75. 475,728.370

= 132014,381 N

= 13201,438 kg > 2687,46 kg……OK

b. Perhitungan profil batang tekan

$P_{maks.}$ = 3222,74 kg

lk = 2,121 m = 212,1 cm

$$\text{Ag perlu} = \frac{P_{mak.}U}{Fy} = \frac{3222{,}74.1{,}4}{2400} = 1{,}879 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil ⊥ **40 . 40 . 5**

Ag = 2 x 3,79 = 7,58 cm^2 r = 1,20 cm

Periksa kelangsingan penampang :

$$\frac{b}{.t} < \frac{200}{\sqrt{Fy}} = \frac{40}{5} < \frac{200}{\sqrt{240}}$$

$$= 8 < 12{,}9$$

$$\lambda = \frac{K.L}{r} = \frac{212{,}1}{1{,}20} = 176{,}75$$

$$\lambda c = \frac{\lambda}{\pi}\sqrt{\frac{Fy}{E}}$$

$$= \frac{176,75}{3,14}\sqrt{\frac{240}{200000}}$$

$= 1,949$ …… $\lambda c \geq 1,2$ $\longrightarrow$ $\omega = 1,25.\lambda_c^{\ 2}$

$\omega = 1,25.\lambda_c^{\ 2} = 1,25.\ (1,949^2)$

$= 4,752$

$$Pn = Ag.Fcr$$

$$= 7,58.\frac{2400}{4,752}$$

$$= 3828,283$$

$$\frac{P}{\phi Pn} = \frac{3222,74}{0,85.3828,283}$$

$= 0,99 < 1$…………….OK

3.4.5. Perhitungan Alat Sambung

a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur. ($A_{490}, F_u^{\ b} = 825$ N/mm^2)

Diameter baut (∅) = 12,7 mm (½ inches)

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung (δ) = 0,625 . d

= 0,625 . 12,7 = 7,94 mm.

Menggunakan tebal plat 8 mm. (BJ 37, $f_u = 3700$ kg/cm^2)

- Tahanan geser baut

  P_n = n.(0,5.f^{ub}).An

  = 2.(0,5.825) .¼ . π . 12,7^2 = 10445,54 kg/baut

- Tahanan tarik penyambung

  P_n = 0,75.f^{ub}.An

  = (0,75.825) .¼ . π . 12,7^2 = 7834,14 kg/baut

- Tahanan Tumpu baut :

P_n = 0,75 (2,4.fu.dt)

= 0,75 (2,4.370.12,7.8)

= 6766,56 kg/baut

P yang menentukan adalah P_{tumpu} = 6766,56 kg.

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P} = \frac{3222,74}{6766,56} = 0,476 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

a) 5d ≤ S ≤ 15t atau 200 mm

Diambil, S_1 = 5 d = 5. 12,7

= 63,5 mm

= 60 mm

b) 2,5 d ≤ S_2 ≤ (4t +100) atau 200 mm

Diambil, S_2 = 2,5 d = 2,5 . 12,7

= 31,75 mm = 30 mm

b. Batang tarik

Digunakan alat sambung baut-mur. (A_{490},F_u^b = 825 N/mm^2)

Diameter baut (∅) = 12,7 mm (½ inches)

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung (δ) = 0,625 . d

= 0,625 . 12,7 = 7,94 mm.

Menggunakan tebal plat 8 mm. (BJ 37,f_u = 3700 kg/cm^2)

- Tahanan geser baut

P_n = n.(0,5.f^{ub}).An

= 2.(0,5.825) .¼ . π . 12,7^2 = 10445,54 kg/baut

- Tahanan tarik penyambung

P_n = 0,75.f^{ub}.An

= (0,75.825) .¼ . π . 12,7^2 = 7834,14 kg/baut

- Tahanan Tumpu baut :

P_n = 0,75 (2,4.fu.dt)
= 0,75 (2,4.370.12,7.8)
= 6766,56 kg/baut

P yang menentukan adalah P_{tumpu} = 6766,56 kg.

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P} = \frac{2687,46}{6766,56} = 0,397 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

a) $5d \le S \le 15t$ atau 200 mm

Diambil, S_1 = 5 d = 5. 12,7
= 63,5 mm
= 60 mm

b) $2,5\ d \le S_2 \le (4t + 100)$ atau 200 mm

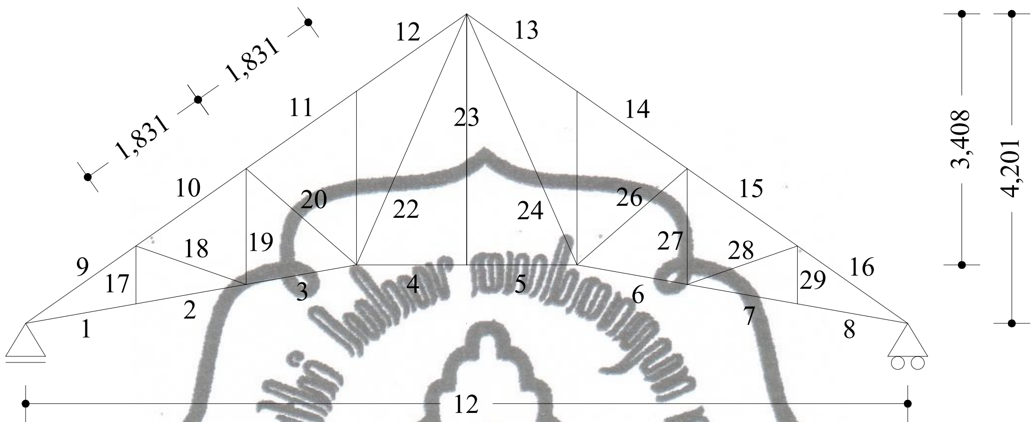
Diambil, S_2 = 2,5 d = 2,5 . 12,7
= 31,75 mm
= 30 mm

Tabel 3.13. Rekapitulasi perencanaan profil jurai

Nomer Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
2	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
3	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
4	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
5	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
6	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
7	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
8	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
9	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
10	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
11	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
12	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
13	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
14	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
15	⌋⌊ 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7

3.5. Perencanaan Kuda-kuda Utama A

3.5.1. Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda



Gambar 3.13 Rangka batang kuda-kuda

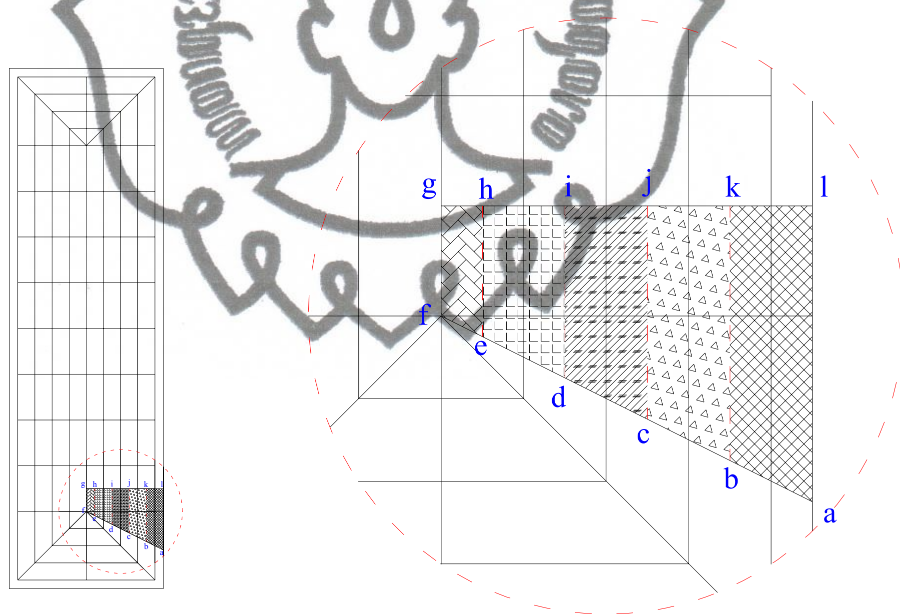
Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 3.14. Perhitungan panjang batang pada kuda-kuda utama A (KK A)

No batang	Panjang batang
1	1,523 m
2	1,523 m
3	1,523 m
4	1,500 m
5	1,500 m
6	1,523 m
7	1,523 m
8	1,523 m
9	1,831 m
10	1,831 m
11	1,831 m
12	1,831 m
13	1,831 m
14	1,831 m
15	1,831 m
16	1,831 m

17	0,786 m
18	1,588 m
19	1,572 m
20	1,990 m
21	2,357 m
22	3,723 m
23	3,408 m
24	3,723 m
25	2,357 m
26	1,990 m
27	1,572 m
28	1,588 m
29	0,786 m

3.5.2. Perhitungan Luasan Atap Kuda-Kuda Utama A



Gambar 3.14. Luasan Atap Kuda-kuda Utama A

Panjang **al** = 5,375 m

Panjang **bk** = 4,625 m

Panjang **cj** = 3,875 m

Panjang **di** = 3,125 m

Panjang **eh** = 2,375 m

Panjang **fg** = 2,000 m

Panjang **hi = ij = jk = kl =** 1,831 m

Panjang **gh** = ½ x 1,831 = 0,915 m

Luas atap albk = [½ × (al + bk)] × kl

= [½ × (5,375 + 4,625)] × 1,831

= 9,155 m^2

Panjang gording = ½ x (al + bk)

= ½ x (5,375 + 4,625) = 5 m

Luas atap bkcj = [½ × (bk + cj)] × jk

= [½ × (4,625 + 3,875)] × 1,831

= 7,782 m^2

Panjang gording = ½ x (bk + cj)

= ½ x (4,625 + 3,875) = 4,25 m

Luas atap cjdi = [½ × (cj + di)] × ij

= [½ × (3,875 + 3,125)] × 1,831

= 6,409 m^2

Panjang gording = ½ x (cj + di)

= ½ x (3,875 + 3,125) = 3,5 m

Luas atap dieh = [½ × (di + eh)] × hi

= [½ × (3,125 + 2,375)] × 1,831

= 5,035 m^2

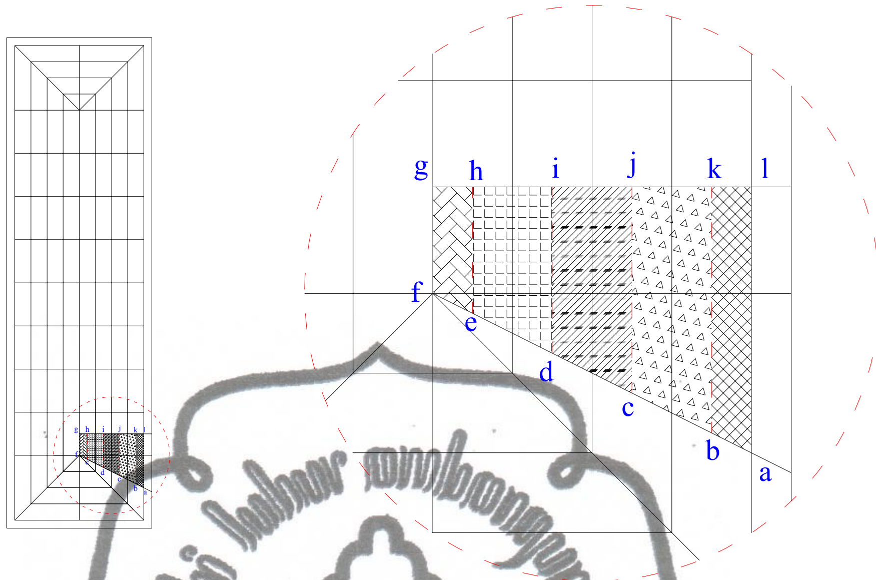
Panjang gording = ½ x (di+ eh)

= ½ x (3,125 + 2,375) = 2,75 m

Luas atap ehfg = [½ × (eh + fg)] × gh

= [½ × (2,375 + 2,000)] × 0,915

= 2,002 m^2



Gambar 3.15. Luasan Plafon Kuda-kuda Utama A

Panjang **al** = 5,000 m

Panjang **bk** = 4,625 m

Panjang **cj** = 3,875 m

Panjang **di** = 3,125 m

Panjang **eh** = 2,375 m

Panjang **fg** = 2,000 m

Panjang **hi = ij = jk = kl =** 1,500 m

Panjang **gh** = ½ x 1,500 = 0,750 m

Luas plafon albk = [½ × (al + bk)] × kl

= [½ × (5,000 + 4,625)] × 1,500

= 7,218 m^2

Luas plafon bkcj = [½ × (bk + cj)] × jk

= [½ × (4,625 + 3,875)] × 1,500

= 5,625 m^2

Luas plafon cjdi = [½ × (cj + di)] × ij

= [½ × (3,875 + 3,125)] × 1,500

= 5,250 m^2

Luas plafon dieh = [½ × (di + eh)] × hi
= [½ × (3,125 + 2,375)] × 1,500
= 4,125 m^2

Luas plafon ehfg = [½ × (eh + fg)] × gh
= [½ × (2,375 + 2,000)] × 0,750
= 1,641 m^2

3.5.3. Perhitungan Pembebanan Kuda-kuda Utama A

Data-data pembebanan :

Berat gording = 11 kg/m (sumber tabel baja)

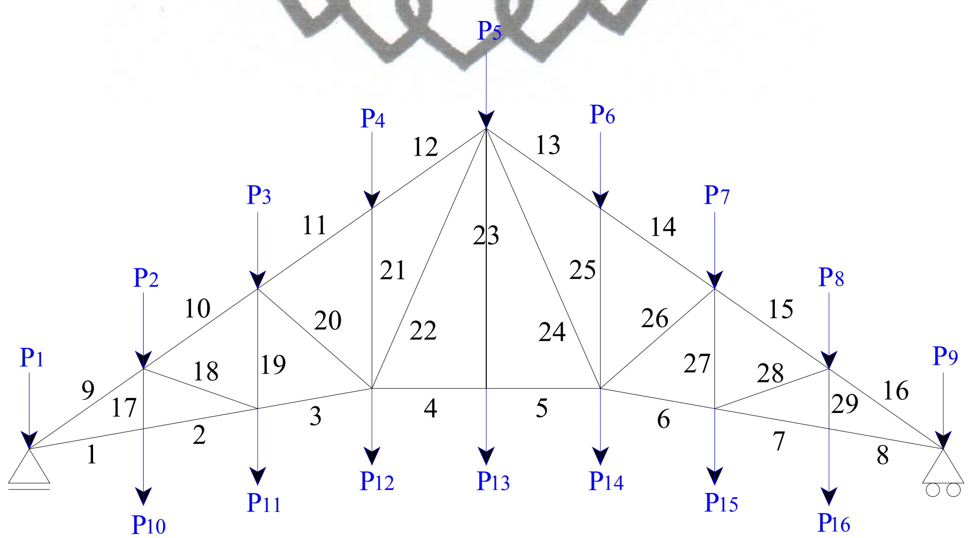
Jarak antar kuda-kuda = 4,00 m (sumber : gambar perencanaan)

Berat penutup atap = 50 kg/m^2 (sumber PPIUG 1989)

Berat profil = 25 kg/m (sumber : tabel baja)

Berat penggantung dan plafond =18 kg/m^2(sumber PPIUG 1989)

Beban hujan = (40 – 0,8α) kg/m^2(sumber PPIUG 1989)
= (40 – 0,8 × 35) = 12 kg/m^2



Gambar 3.16. Pembebanan Kuda- kuda utama A akibat beban mati

a) Perhitungan Beban

➢ **Beban Mati**

1) Beban $P_1 = P_9$

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 5 = 55 kg

b) Beban atap = Luasan atap **albk** x Berat atap
= 9,155 x 50 = 457,75 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (1 + 9) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,523 + 1,831) x 25 = 41,925 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 41,925 = 12,578 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 41,925 = 4,193 kg

f) Beban plafon = Luasan plafond **albk** x berat plafon
= 7,218 x 18 = 129,924 kg

2) Beban $P_2 = P_8$

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 4,25 = 46,75 kg

b) Beban atap = Luasan atap **bkcj** x berat atap
= 7,787 x 50 = 389,35 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(9 + 17 + 18 +16) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,831 + 0,786 + 1,588 + 1,831) x 25
= 71,60 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 71,60 = 21,48 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 71,60 = 7,160 kg

3) Beban P_3 = P7

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 3,5 = 38,5 kg

b) Beban atap = Luasan atap **cjdi** x berat atap
= 6,409 x 50 = 320,45 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(10+ 19 + 20 + 11)xberat profil kuda kuda
= ½ x (1,831 + 1,572 + 1,990 + 1,831) x 25
= 90,30 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 90,30 = 27,09 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 90,30 = 9,030 kg

4) Beban P_4 = P_6

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 2,75 = 30,25 kg

b) Beban atap = Luasan atap **dieh** x berat atap
= 5,035 x 50 = 251,75 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (11 + 21 + 12) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,831 + 2,357 + 1,831) x 25
= 75,238 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 75,238 = 22,571 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 75,238 = 7,524 kg

5) Beban P_5

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 2,00 = 22 kg

b) Beban atap = Luasan atap **ehfg** x berat atap
= (2 x 2,002) x 50 = 200,2 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(12 + 23 +13) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,831 + 3,408 + 1,831) x 25 = 176,75 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 176,75 = 53,025 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 176,75 = 17,675 kg

f) Beban reaksi = (2 x reaksi jurai) + reaksi setengah kuda-kuda
= (2 x 3156,408) + 1961,08
= 8273,896 kg

6) Beban $P_{10} = P_{16}$

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(1 + 17 + 2) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,523 +0,786 +1,523) x 25
= 47,90 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 47,90 = 14,37 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 47,90 = 4,790 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **bkcj** x berat plafon
= 5,625 x 18 = 101,25 kg

7) Beban $P_{11} = P_{15}$

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(2 + 18 + 19 + 3) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,523 +1,588 +1,572+1,523) x 25
= 77,575 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 77,575 = 23,273 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 77,575 = 7,758 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **cjdi** x berat plafon
= 5,250 x 18 = 94,5 kg

8) Beban $P_{12} = P_{14}$

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(3+20+21+22+4) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,523 + 1,99 + 2,357 + 3,723 + 1,50) x 25
= 138,663 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 138,663 = 41,599 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 138,663 = 13,866 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **dieh** x berat plafon
= 4,125 x 18 = 74,25 kg

9) Beban P_{13}

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(4 + 15 + 5) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,500 + 3,408 + 1,500) x 25
= 160,2 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 160,2 = 48,06 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 160,2 = 16,02 kg

d) Beban plafon = 2 x Luasan plafond **ehfg** x berat plafon
= 2 x 1,641 x 18 = 59,076 kg

e) Beban reaksi = (2 x reaksi jurai) + reaksi setengah kuda-kuda
= (2 x 407,34) + 389,43
= 1204,11 kg

Tabel 3.15 Rekapitulasi Beban Mati

Beban	Beban Atap (kg)	Beban gording (kg)	Beban Kuda - kuda (kg)	Beban Bracing (kg)	Beban Plat sambung (kg)	Beban Plafon (kg)	Beban reaksi (kg)	Jumlah Beban (kg)	Input SAP (kg)
P_1=P_9	457,75	55	41,925	4,193	12,578	129,924	-	701,37	702
P_2=P_8	389,35	46,75	71,600	7,160	21,480	-	-	536,34	537
P_3=P_7	320,45	38,50	90,300	9,030	27,090	-	-	485,37	486
P_4=P_6	251,75	30,25	75,238	7,524	22,571	-	-	387,33	388
P_5	200,20	22	176,750	17,675	53,025	-	8273,9	8743,58	8744
P_{10}=P_{16}	-	-	47,900	4,790	14,370	101,25	-	168,31	169
P_{11}=P_{15}	-	-	77,575	7,758	23,273	94,500	-	203,11	204
P_{12}=P_{14}	-	-	138,663	13,866	41,599	74,250	-	268,38	269
P_{13}	-	-	160,02	16,002	48,06	59,076	1204,1	1487,29	1488

➢ **Beban Hidup**

Beban hidup yang bekerja pada P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9 = 100 kg

➢ **Beban Hujan**

Beban terbagi rata per m^2 bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar (40 – 0,8 α) kg/m^2**(PPIUG 1989)**.

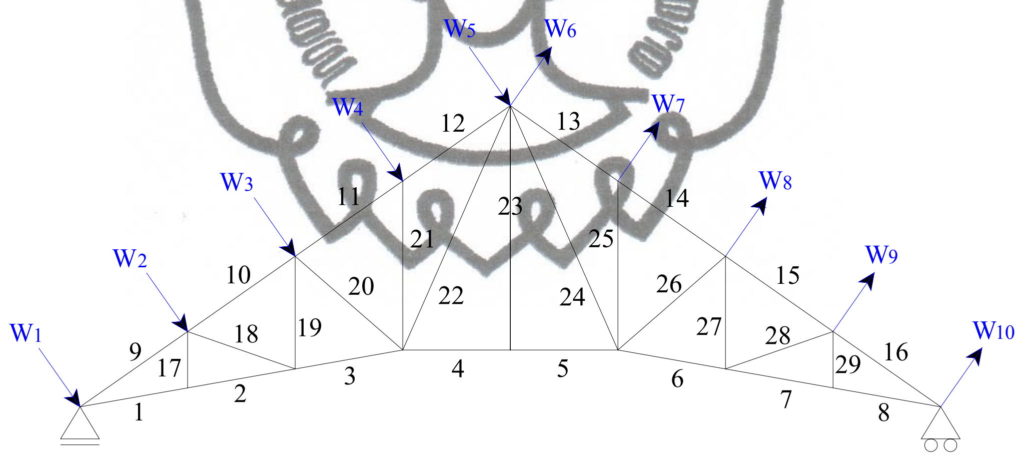
1) Beban R1 = R9 = beban hujan x luas atap **albk**
   = 12 x 9,155 = 109,86 kg
2) Beban R2 = R8 = beban hujan x luas atap **bkcj**
   = 12 x 7,787 = 93,444 kg
3) Beban R3 = R7 = beban hujan x luas atap **cjdi**
   = 12 x 6,409 = 76,908 kg
4) Beban R4 = R6 = beban hujan x luas atap **dieh**
   = 12 x 5,035 = 60,420 kg
5) Beban R5 = beban hujan x luas atap **ehfg**
   = 12 x (2 x 2,002) = 48,048 kg

Tabel 3.16 Rekapitulasi Beban Hujan

Beban	Beban Hujan (kg)	Input SAP (kg)
$R_1 = R_9$	109,86	110
$R_2 = R_8$	93,444	94
$R_3 = R_7$	76,908	76
$R_4 = R_6$	60,240	61
R_5	48,048	49

➢ **Beban Angin**

Perhitungan beban angin :



Gambar 3.17. Pembebanan kuda-kuda utama A akibat beban angin

Beban angin kondisi normal, minimum = 25 kg/m^2(PPIUG 1989)

1). Koefisien angin tekan = $0{,}02\alpha - 0{,}40$

= (0,02 x 35) – 0,40 = 0,3

a). W_1 = luasan atap **albk** x koef. angin tekan x beban angin

= 9,155 x 0,3 x 25

= 68,663 kg

b). W_2 = luasan atap **bkcj** x koef. angin tekan x beban angin
= 7,787 x 0,3 x 25
= 58,403 kg

c). W_3 = luasan atap **cjdi** x koef. angin tekan x beban angin
= 6,409 x 0,3 x 25
= 48,067 kg

d). W_4 = luasan atap **dieh** x koef. angin tekan x beban angin
= 5,035 x 0,3 x 25
= 37,763 kg

e). W_5 = luasan atap **ehfg** x koef. angin tekan x beban angin
= 2,002 x 0,3 x 25
= 15,015 kg

2). Koefisien angin hisap = - 0,40

a). W_6 = luasan atap **ehfg** x koef. angin tekan x beban angin
= 2,002 x -0,4 x 25
= -20,02 kg

b). W_7 = luasan atap **dieh** x koef. angin tekan x beban angin
= 5,035 x -0,4 x 25
= -50,35 kg

c). W_8 = luasan atap **cjdi** x koef. angin tekan x beban angin
= 6,409 x -0,4 x 25
= -64,09 kg

d). W_9 = luasan atap **bkcj** x koef. angin tekan x beban angin
= 7,787 x -0,4 x 25
= -77,87 kg

e). W_{10} = luasan atap **albk** x koef. angin tekan x beban angin
= 9,155 x -0,4 x 25
= -91,55 kg

Tabel 3.17 Perhitungan beban angin

Beban Angin	Beban (kg)	Wx *W.Cos α* (kg)	(Untuk Input SAP2000)	Wy *W.Sin α* (kg)	(Untuk Input SAP2000)
W_1	68,663	56,245	57 kg	39,384	40 kg
W_2	58,403	47,841	48 kg	33,498	34 kg
W_3	48,067	39,374	40 kg	27,570	28 kg
W_4	37,763	30,934	31 kg	21,660	22 kg
W_5	15,015	12,299	13 kg	8,612	9 kg
W_6	-20,02	-16,392	-17 kg	-11,483	-12 kg
W_7	-50,35	-41,244	-42 kg	-28,879	-29 kg
W_8	-64,09	-52,499	-53 kg	-36,760	-27 kg
W_9	-77,87	-63,787	-64 kg	-44,664	-45 kg
W_{10}	-91,55	-74,993	-75 kg	-52,511	-53 kg

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

Tabel 3.18. Rekapitulasi gaya batang kuda-kuda utama A

Batang	**kombinasi**	
	Tarik (+) (kg)	**Tekan (-) (kg)**
1	16641,37	-
2	18135,12	-
3	19892,89	-
4	16758,40	-
5	16758,40	-
6	19892,89	-
7	18135,12	-
8	16641,37	-
9	-	20927,77

10	-	23656,48
11	-	22595,24
12	-	21597,13
13	-	21597,13
14	-	22595,24
15	-	23656,48
16	-	20927,77
17	-	1892,29
18	1870,83	-
19	184,02	-
20	-	1327,57
21	658,10	-
22	3947,56	-
23	3550,74	-
24	3947,56	-
25	658,10	-
26	-	1371,40
27	217,77	-
28	1870,83	-
29	-	1892,29

3.5.4. Perencanaan Profil Kuda- kuda utama A

a. Perhitungan profil batang tarik

$P_{maks.}$ = 19892,89 kg

F_y = 2400 kg/cm^2 (240 MPa)

F_u = 3700 kg/cm^2 (370 MPa)

$$\text{Ag perlu} = \frac{P_{mak}.U}{Fy} = \frac{19892,89.1,4}{2400} = 11,60 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil ⊥ **70. 70. 7**

Dari tabel baja didapat data-data :

Ag = 2 x 9,40 = 18,80 cm^2

$\bar{x}$ = 1,97 cm

An = Ag-dt

= 1880 – 14,7.7 = 1777,1 mm^2

L = Sambungan dengan Diameter

= 3.12,7 = 38,1 mm

$\bar{x}$ = 19,7 mm

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$$

$$= 1 - \frac{19,7}{38,1} = 0,483$$

Ae = U.An

= 0,483.1777,1

= 858,40 mm^2

Check kekuatan nominal

$\phi Pn = 0,75.Ae.Fu$

= 0,75. 858,40.370

= 238189,156 N

= 23818,916 kg > 19892,890 kg……OK

b) Perhitungan profil batang tekan

$P_{maks.}$ = 23656,48 kg

lk = 1,831 m = 183,1 cm

$$\text{Ag perlu} = \frac{P_{mak}.U}{Fy} = \frac{23656,48.1,4}{2400} = 13,79 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil ⊥ **70 . 70 . 7**

Ag = 2 x 9,40 = 18,80 cm^2 r = 2,12 cm

Periksa kelangsingan penampang :

$$\frac{b}{t} < \frac{200}{\sqrt{Fy}} = \frac{70}{7} < \frac{200}{\sqrt{240}}$$

= 10 < 12,9

$$\lambda = \frac{K.L}{r} = \frac{1.183,1}{2,12}$$

$$= 86,368$$

$$\lambda c = \frac{\lambda}{\pi}\sqrt{\frac{Fy}{E}}$$

$$= \frac{86,368}{3,14}\sqrt{\frac{240}{200000}}$$

$$= 0,953 \ldots\ldots 0,25 < \lambda c < 1,2 \longrightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda c}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67.0,953}$$

$$= 1,486$$

$$Pn = Ag.Fcr$$

$$= 18,80.\frac{2400}{1,486}$$

$$= 30363,392 \text{ kg}$$

$$\frac{P}{\phi Pn} = \frac{23656,48}{0,85.30363,392}$$

$$= 0,917 < 1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{OK}$$

3.5.5. Perhitungan Alat Sambung

a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur. (A_{490}, F_u^{b} = 825 N/mm^2)

Diameter baut (∅) = 12,7 mm (½ inches)

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung (δ) = 0,625 . d

= 0,625 . 12,7 = 7,94 mm.

Menggunakan tebal plat 8 mm. (BJ 37, f_u = 3700 kg/cm^2)

- Tahanan geser baut

P_n = n.(0,5.f^{ub}).An

= 2.(0,5.825) .¼ . π . 12,7^2 = 10445,54 kg/baut

- Tahanan tarik penyambung

P_n = $0{,}75.f^{ub}.An$

= (0,75.825) .¼ . π . $12{,}7^2$ = 7834,14 kg/baut

- Tahanan Tumpu baut :

P_n = 0,75 (2,4.fu.dt)

= 0,75 (2,4.370.12,7.8)

= 6766,56 kg/baut

P yang menentukan adalah P_{tumpu} = 6766,56 kg.

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P} = \frac{23656{,}48}{6766{,}56} = 3{,}496 \sim 4 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 4 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

a) 5d ≤ S ≤ 15t atau 200 mm

Diambil, S_1 = 5 d = 5. 12,7

= 63,5 mm

= 60 mm

b) 2,5 d ≤ S_2 ≤ (4t +100) atau 200 mm

Diambil, S_2 = 2,5 d = 2,5 . 12,7

= 31,75 mm = 30 mm

b. Batang tarik

Digunakan alat sambung baut-mur. (A_{490},F_u^b = 825 N/mm^2)

Diameter baut (∅) = 12,7 mm (½ inches)

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung (δ) = 0,625 . d

= 0,625 . 12,7 = 7,94 mm.

Menggunakan tebal plat 8 mm. (BJ 37,f_u = 3700 kg/cm^2)

- Tahanan geser baut

P_n = $n.(0{,}5.f^{ub}).An$

= 2.(0,5.825) .¼ . π . $12{,}7^2$ = 10445,54 kg/baut

- Tahanan tarik penyambung

P_n = $0{,}75.f^{ub}.An$

= $(0{,}75.825)\ .¼\ .\ \pi\ .\ 12{,}7^2$ = 7834,14 kg/baut

- Tahanan Tumpu baut :

P_n = 0,75 (2,4.fu.dt)

= 0,75 (2,4.370.12,7.8)

= 6766,56 kg/baut

P yang menentukan adalah P_{tumpu} = 6766,56 kg.

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P} = \frac{19892{,}89}{6766{,}56} = 2{,}939 \sim 4 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 4 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

a) $5d \le S \le 15t$ atau 200 mm

Diambil, S_1 = 5 d = 5. 12,7

= 63,5 mm

= 60 mm

b) $2{,}5\ d \le S_2 \le (4t + 100)$ atau 200 mm

Diambil, S_2 = 2,5 d = 2,5 . 12,7

= 31,75 mm

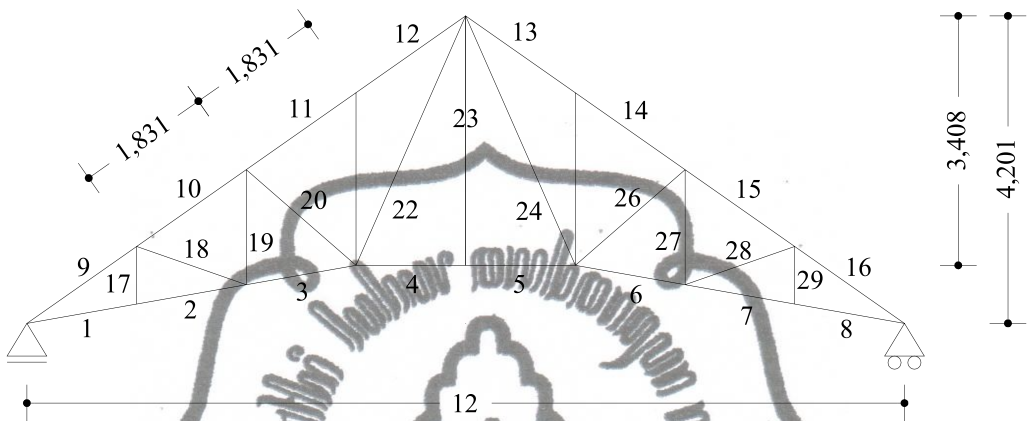
= 30 mm

Tabel 3.19. Rekapitulasi perencanaan profil kuda-kuda utama A

Nomer Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
2	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
3	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
4	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
5	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
6	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
7	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
8	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
9	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
10	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
11	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
12	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
13	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
14	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
15	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
16	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
17	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
18	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
19	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
20	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
21	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
22	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
23	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
24	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
25	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
26	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
27	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
28	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
29	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7

3.6. Perencanaan Kuda-kuda Utama (KK B)

3.6.1. Perhitungan Panjang Batang Kuda-kuda Utama B



Gambar 3.18. Rangka batang kuda-kuda B

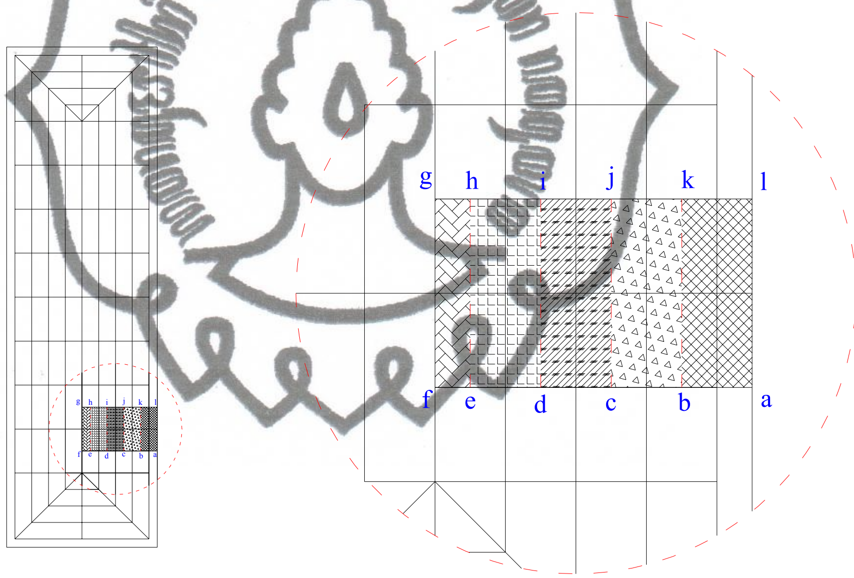
Perhitungan panjang batang selanjutnya disajikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 3.20 Perhitungan panjang batang pada kuda-kuda utama B (KK B)

No batang	Panjang batang
1	1,523 m
2	1,523 m
3	1,523 m
4	1,500 m
5	1,500 m
6	1,523 m
7	1,523 m
8	1,523 m
9	1,831 m
10	1,831 m
11	1,831 m
12	1,831 m
13	1,831 m
14	1,831 m
15	1,831 m
16	1,831 m
17	0,786 m

18	1,588 m
19	1,572 m
20	1,990 m
21	2,357 m
22	3,723 m
23	3,408 m
24	3,723 m
25	2,357 m
26	1,990 m
27	1,572 m
28	1,588 m
29	0,786 m

3.6.2. Perhitungan Luasan Kuda-Kuda Utama B



Gambar 3.19 Luasan Atap Kuda-kuda B

Panjang **al** = 4 m

Panjang **bk** = 4 m

Panjang **cj** = 4 m

Panjang **di** = 4 m

Panjang **eh** = 4 m

Panjang **fg** = 4 m

Panjang **ab = bc = cd = de =** 1,831 m

Panjang **ef** = ½ x 1,831 = 0,915 m

Luas atap albk = al x ab
= 4 x 1,831
= 7,32 m^2

Panjang gording = ½ x (al + bk)
= ½ x (4 + 4) = 4 m

Luas atap bkcj = bk x bc
= 4 x 1,831
= 7,32 m

Panjang gording = ½ x (bk + cj)
= ½ x (4 + 4) = 4 m

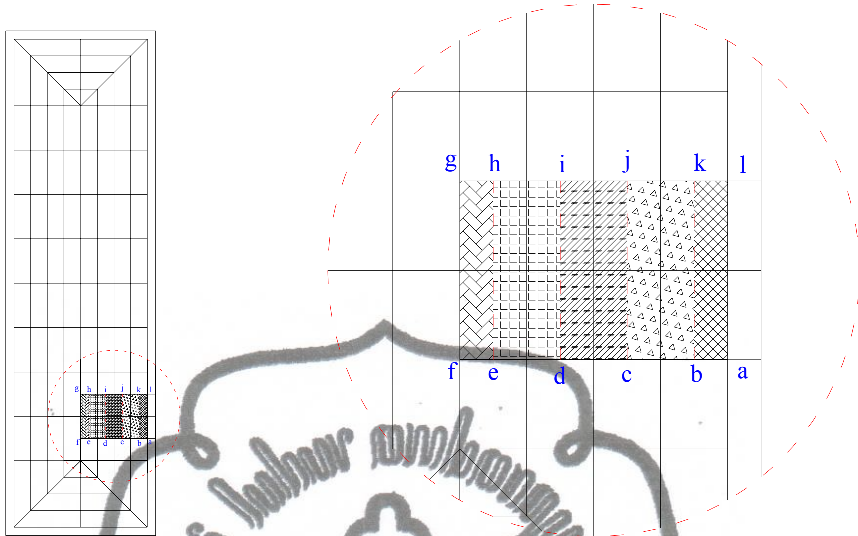
Luas atap cjdi = cj x cd
= 4 x 1,831
= 7,32 m^2

Panjang gording = ½ x (cj + di)
= ½ x (4 + 4) = 4 m

Luas atap dieh = di x de
= 4 x 1,831
= 7,32 m^2

Panjang gording = ½ x (di + eh)
= ½ x (4 + 4) = 4 m

Luas atap ehfg = eh x ef
= 4 x 0,915
= 3,66 m^2



Gambar 3.20. Luasan Plafon Kuda – Kuda B

Panjang **al** = 4 m

Panjang **bk** = 4 m

Panjang **cj** = 4 m

Panjang **di** = 4 m

Panjang **eh** = 4 m

Panjang **fg** = 4 m

Panjang **ab = bc = cd = de =** 1,5 m

Panjang **ef** = ½ x 1,831 = 0,75 m

Luas plafon albk = al x ab

= 4 x 0,75

= 3 m^2

Luas plafon bkcj = bk x bc

= 4 x 1,5

= 6 m^2

Luas plafon cjdi = cj x cd

= 4 x 1,5

= 6 m^2

Luas plafon dieh = di x de

= 4 x 1,5

= 6 m^2

Luas plafon ehfg = eh x ef

= 4 x 0,75

= 3 m^2

3.6.3. Perhitungan Pembebanan Kuda-kuda Utama B

Data-data pembebanan :

Berat gording = 11 kg/m (sumber tabel baja)

Jarak antar kuda-kuda = 4,00 m (sumber : gambar perencanaan)

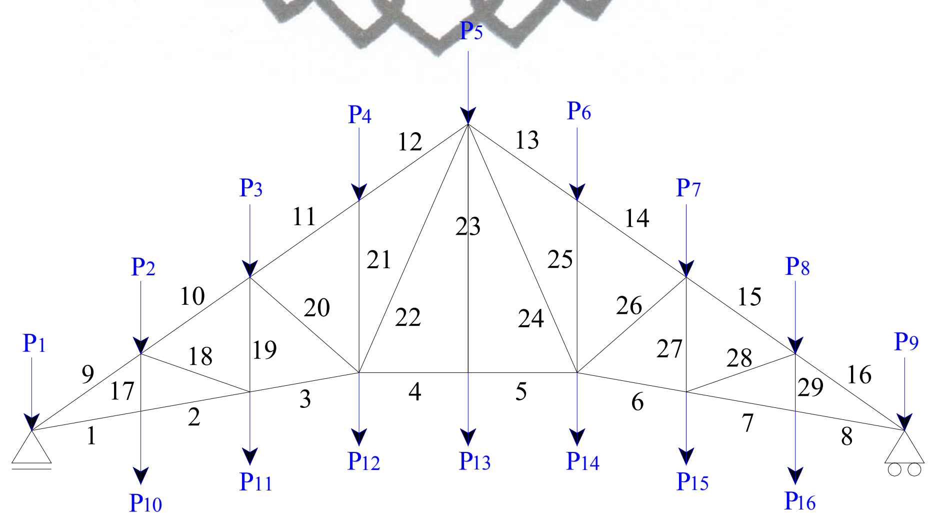
Berat penutup atap = 50 kg/m^2 (sumber PPIUG 1989)

Berat profil = 25 kg/m (sumber : tabel baja)

Berat penggantung dan plafond =18 kg/m^2(sumber PPIUG 1989)

Beban hujan = (40 – 0,8α) kg/m^2(sumber PPIUG 1989)

= (40 – 0,8 × 35) = 12 kg/m^2



Gambar 3.21 Pembebanan Kuda- kuda utama B akibat beban mati

a. Perhitungan Beban

➢ **Beban Mati**

1) Beban $P_1 = P_9$

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 4 = 44 kg

b) Beban atap = Luasan atap **albk** x Berat atap
= 7,32 x 50 = 366 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (1 + 9) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,523 + 1,831) x 25 = 41,925 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 41,925 = 12,578 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 41,925 = 4,193 kg

f) Beban plafon = Luasan plafond **albk** x berat plafon
= 3 x 18 = 54 kg

2) Beban $P_2 = P_8$

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 4 = 44 kg

b) Beban atap = Luasan atap **bkcj** x berat atap
= 7,32 x 50 = 366 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(9 + 17 + 18 +16) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,831 + 0,786 + 1,588 + 1,831) x 25
= 71,60 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 71,60 = 21,48 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 71,60 = 7,160 kg

3) Beban P_3 = P7

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 4 = 44 kg

b) Beban atap = Luasan atap **cjdi** x berat atap
= 7,32 x 50 = 366 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(10+ 19 + 20 + 11)xberat profil kuda kuda
= ½ x (1,831 + 1,572 + 1,990 + 1,831) x 25
= 90,30 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 90,30 = 27,09 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 90,30 = 9,030 kg

4) Beban P_4 = P_6

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 4 = 44 kg

b) Beban atap = Luasan atap **dieh** x berat atap
= 7,32 x 50 = 366 kg

c) Beban kuda-kuda = ½ x Btg (11 + 21 + 12) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,831 + 2,357 + 1,831) x 25
= 75,238 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 75,238 = 22,571 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 75,238 = 7,524 kg

5) Beban P_5

a) Beban gording = Berat profil gording x Panjang Gording
= 11 x 4 = 44 kg

b) Beban atap = Luasan atap **ehfg** x berat atap
= (2 x 3,66) x 50 = 366 kg

d) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(12 + 23 +13) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,831 + 3,408 + 1,831) x 25 = 176,75 kg

d) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 176,75 = 53,025 kg

e) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 176,75 = 17,675 kg

6) Beban $P_{10} = P_{16}$

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(1 + 17 + 2) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,523 +0,786 +1,523) x 25
= 47,90 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 47,90 = 14,37 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 47,90 = 4,790 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **bkcj** x berat plafon
= 6 x 18 = 108 kg

7) Beban $P_{11} = P_{15}$

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(2 + 18 + 19 + 3) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,523 +1,588 +1,572+1,523) x 25
= 77,575 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 77,575 = 23,273 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 77,575 = 7,758 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **cjdi** x berat plafon
= 6 x 18 = 108 kg

8) Beban $P_{12} = P_{14}$

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(3+20+21+22+4) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,523 + 1,99 + 2,357 + 3,723 + 1,50) x 25
= 138,663 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 138,663 = 41,599 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 138,663 = 13,866 kg

d) Beban plafon = Luasan plafond **dieh** x berat plafon
= 6 x 18 = 108 kg

9) Beban P_{13}

a) Beban kuda-kuda = ½ x Btg(4 + 15 + 5) x berat profil kuda kuda
= ½ x (1,500 + 3,408 + 1,500) x 25
= 160,2 kg

b) Beban plat sambung = 30% x beban kuda-kuda
= 30% x 160,2 = 48,06 kg

c) Beban bracing = 10% x beban kuda-kuda
= 10% x 160,2 = 16,02 kg

d) Beban plafon = 2 x Luasan plafond **ehfg** x berat plafon
= 2 x 3 x 18 = 108 kg

Tabel 3.21. Rekapitulasi beban mati kuda – kuda B

Beban	Beban Atap (kg)	Beban gording (kg)	Beban Kuda - kuda (kg)	Beban Bracing (kg)	Beban Plat Penyambug (kg)	Beban Plafon (kg)	Jumlah Beban (kg)	Input SAP 2000 (kg)
$P_1=P_9$	366	44	41,925	4,193	12,578	54	522,696	523
$P_2=P_8$	366	44	71,600	7,160	21,480	---	510,240	511
$P_3=P_7$	366	44	90,300	9,030	27,090	---	536,420	537
$P_4=P_6$	366	44	75,238	7,524	22,571	---	515,330	516
P_5	366	44	176,750	17,675	53,025	---	657,450	658
$P_{10}=P_{16}$	---	---	47,900	4,790	14,370	108	174,990	175
$P_{11}=P_{15}$	---	---	77,575	7,758	23,273	108	216,706	217
$P_{12}=P_{14}$	---	---	138,663	13,866	41,599	108	302,128	303
P_{13}	---	---	160,02	16,002	48,060	108	332,082	333

- **Beban Hidup**

Beban hidup yang bekerja pada P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9 = 100 kg

- **Beban Hujan**

Beban terbagi rata per m^2 bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar (40 – 0,8 α) kg/m^2**(PPIUG 1989)**.

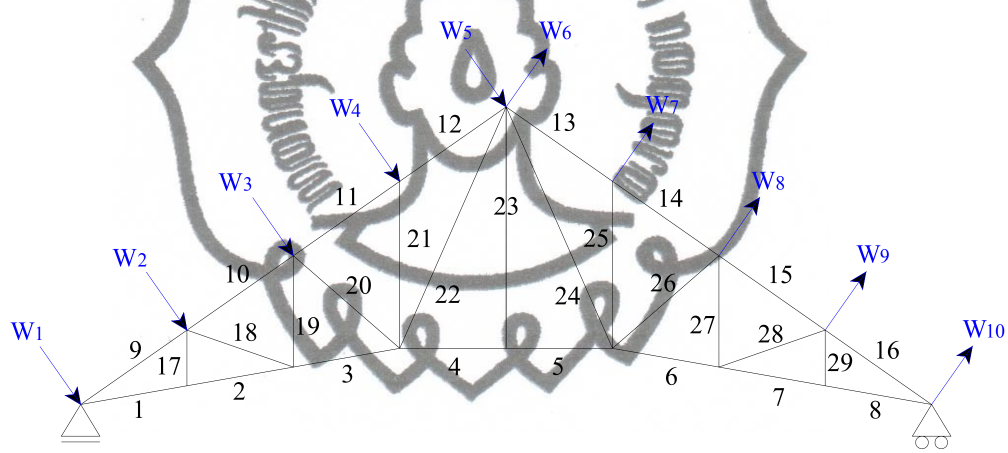
1) Beban R1 = R9 = beban hujan x luas atap **albk**
   = 12 x 7,32 = 87,84 kg
2) Beban R2 = R8 = beban hujan x luas atap **bkcj**
   = 12 x 7,32 = 87,84 kg
3) Beban R3 = R7 = beban hujan x luas atap **cjdi**
   = 12 x 7,32 = 87,84 kg
4) Beban R4 = R6 = beban hujan x luas atap **dieh**
   = 12 x 7,32 = 87,84 kg
5) Beban R5 = beban hujan x luas atap **ehfg**
   = 12 x (2 x 3,66) = 87,84 kg

Tabel 3.22. Rekapitulasi Beban Hujan

Beban	Beban Hujan (kg)	Input SAP (kg)
$R_1 = R_9$	87,84	88
$R_2 = R_8$	87,84	88
$R_3 = R_7$	87,84	88
$R_4 = 9_6$	87,84	88
R_5	87,84	88

- **Beban Angin**

Perhitungan beban angin :



Gambar 3.22. Pembebanan kuda-kuda utama B akibat beban angin

Beban angin kondisi normal, minimum = 25 kg/m^2(PPIUG 1989)

1). Koefisien angin tekan = 0,02α – 0,40

= (0,02 x 35) – 0,40 = 0,3

a). W_1 = luasan atap **albk** x koef. angin tekan x beban angin

= 7,32 x 0,3 x 25

= 54,9 kg

b). W_2 = luasan atap **bkcj** x koef. angin tekan x beban angin

= 7,32 x 0,3 x 25

= 54,9 kg

c). W_3 = luasan atap **cjdi** x koef. angin tekan x beban angin
= 7,32 x 0,3 x 25
= 54,9 kg

d). W_4 = luasan atap **dieh** x koef. angin tekan x beban angin
= 7,32 x 0,3 x 25
= 54,9 kg

e). W_5 = luasan atap **ehfg** x koef. angin tekan x beban angin
= 3,66 x 0,3 x 25
= 27,45 kg

2). Koefisien angin hisap = - 0,40

a). W_6 = luasan atap **ehfg** x koef. angin tekan x beban angin
= 3,66 x -0,4 x 25
= -36,6 kg

b). W_7 = luasan atap **dieh** x koef. angin tekan x beban angin
= 7,32 x -0,4 x 25
= -73,2 kg

c). W_8 = luasan atap **cjdi** x koef. angin tekan x beban angin
= 7,32 x -0,4 x 25
= -73,2 kg

d). W_9 = luasan atap **bkcj** x koef. angin tekan x beban angin
= 7,32 x -0,4 x 25
= -73,2 kg

d). W_{10} = luasan atap **albk** x koef. angin tekan x beban angin
= 7,32 x -0,4 x 25
= -73,2 kg

Tabel 3.23 Perhitungan beban angin

Beban Angin	Beban (kg)	Wx *W.Cos* α (kg)	(Untuk Input SAP2000)	Wy *W.Sin* α (kg)	(Untuk Input SAP2000)
W_1	54,9	44,97	45 kg	31,49	32 kg
W_2	54,9	44,97	45 kg	31,49	32 kg
W_3	54,9	44,97	45 kg	31,49	32 kg
W_4	54,9	44,97	45 kg	31,49	32 kg
W_5	27,45	22,49	23 kg	15,75	16 kg
W_6	-36,6	-29,98	-30 kg	-20,99	-21 kg
W_7	-73,2	-59,96	-60 kg	-41,98	-42 kg
W_8	-73,2	-59,96	-60 kg	-41,98	-42 kg
W_9	-73,2	-59,96	-60 kg	-41,98	-42 kg
W_{10}	-73,2	-59,96	-60 kg	-41,98	-42 kg

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

Tabel 3.24. Rekapitulasi gaya batang kuda-kuda utama B

Batang	**kombinasi**	
	Tarik (+) (kg)	**Tekan (-) (kg)**
1	7856,57	-
2	8452,78	-
3	8663,85	-
4	5853,02	-
5	5844,70	-
6	8344,47	-
7	8101,46	-
8	7474,04	-
9	-	9411,24

10	-	9926,33
11	-	8580,66
12	-	7973,56
13	-	7973,56
14	-	8580,66
15	-	9926,33
16	-	9411,24
17	-	741,26
18	305,93	-
19	607,47	-
20	-	1583,56
21	-	251,59
22	3195,43	-
23	1561,46	-
24	3096,89	-
25	-	286,21
26	-	1642,77
27	607,47	-
28	403,03	-
29	-	737,12

3.6.4. Perencanaan Profil Kuda- kuda utama B

a. Perhitungan profil batang tarik

$P_{maks.}$ = 8663,85 kg

F_y = 2400 kg/cm^2 (240 MPa)

F_u = 3700 kg/cm^2 (370 MPa)

$$\text{Ag perlu} = \frac{P_{mak}.U}{Fy} = \frac{8663{,}85.1{,}4}{2400} = 5{,}05 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil ⊥ **50. 50. 6**

Dari tabel baja didapat data-data :

Ag = 2 x 5,69 = 11,38cm^2

$\bar{x}$ = 1,45 cm

An = Ag-dt

= 1138 -14,7.7 = 1035,1 mm^2

L = Sambungan dengan Diameter

= 3.12,7 = 38,1 mm

$\bar{x}$ = 14,5 mm

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L}$$

$$= 1 - \frac{14,5}{38,1} = 0,619$$

Ae = U.An

= 0,619.1035,1

= 640,723 mm^2

Check kekuatan nominal

$\phi Pn = 0,75.Ae.Fu$

= 0,75. 640,723.370

= 177801,715 N

= 17780,172 kg > 8663,850 kg……OK

b. Perhitungan profil batang tekan

$P_{maks.}$ = 9926,33 kg

lk = 1,831 m = 183,1 cm

$$\text{Ag perlu} = \frac{P_{mak}.U}{Fy} = \frac{9926,33.1,4}{2400} = 5,79 \text{ cm}^2$$

Dicoba, menggunakan baja profil ⊥ **50 . 50 . 6**

Ag = 2 x 5,69 = 11,38 cm^2 r = 1,50 cm

Periksa kelangsingan penampang :

$$\frac{b}{t} < \frac{200}{\sqrt{Fy}} = \frac{50}{6} < \frac{200}{\sqrt{240}}$$

$$= 8{,}33 < 12{,}9$$

$$\lambda = \frac{K.L}{r} = \frac{1.183{,}1}{1{,}50}$$

$$= 122{,}067$$

$$\lambda c = \frac{\lambda}{\pi}\sqrt{\frac{Fy}{E}}$$

$$= \frac{122{,}067}{3{,}14}\sqrt{\frac{240}{200000}}$$

$= 1{,}347$ …… $\lambda c \geq 1{,}2$ → $\omega = 1{,}25.\lambda_c^{\,2}$

$$\omega = 1{,}25.\lambda_c^{\,2} = 1{,}25.\,(1{,}347^2)$$

$$= 2{,}267$$

$$Pn = Ag.Fcr$$

$$= 11{,}38.\frac{2400}{2{,}267}$$

$$= 12047{,}64 \text{ kg}$$

$$\frac{P}{\phi Pn} = \frac{9926{,}33}{0{,}85.15067{,}64}$$

$= 0{,}969 < 1$……………OK

3.6.5. Perhitungan Alat Sambung

a. Batang Tekan

Digunakan alat sambung baut-mur. (A_{490},$F_u^{\,b}$ = 825 N/mm^2)

Diameter baut (∅) = 12,7 mm (½ inches)

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung (δ) = 0,625 . d

= 0,625 . 12,7 = 7,94 mm.

Menggunakan tebal plat 8 mm. (BJ 37,f_u = 3700 kg/cm^2)

- Tahanan geser baut

  P_n = n.(0,5.f^{ub}).An

  = 2.(0,5.825) .¼ . π . 12,7^2 = 10445,54 kg/baut

- Tahanan tarik penyambung

  P_n = 0,75.f^{ub}.An

  = (0,75.825) .¼ . π . 12,7^2 = 7834,14 kg/baut

- Tahanan Tumpu baut :

  P_n = 0,75 (2,4.fu.dt)

  = 0,75 (2,4.370.12,7.8)

  = 6766,56 kg/baut

P yang menentukan adalah P_{tumpu} = 6766,56 kg.

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P} = \frac{9926,33}{6766,56} = 1,467 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

a) $5d \leq S \leq 15t$ atau 200 mm

Diambil, S_1 = 5 d = 5. 12,7

= 63,5 mm

= 60 mm

b) $2,5\ d \leq S_2 \leq (4t + 100)$ atau 200 mm

Diambil, S_2 = 2,5 d = 2,5 . 12,7

= 31,75 mm = 30 mm

b. Batang tarik

Digunakan alat sambung baut-mur. (A_{490},$F_u{}^b$ = 825 N/mm^2)

Diameter baut (∅) = 12,7 mm (½ inches)

Diameter lubang = 13,7 mm.

Tebal pelat sambung (δ) = 0,625 . d

= 0,625 . 12,7 = 7,94 mm.

Menggunakan tebal plat 8 mm. (BJ 37, f_u = 3700 kg/cm^2)

- Tahanan geser baut

  P_n = n.(0,5.f^{ub}).An

  = 2.(0,5.825) .¼ . π . 12,7^2 = 10445,54 kg/baut

- Tahanan tarik penyambung

  P_n = 0,75.f^{ub}.An

  = (0,75.825) .¼ . π . 12,7^2 = 7834,14 kg/baut

- Tahanan Tumpu baut :

  P_n = 0,75 (2,4.fu.dt)

  = 0,75 (2,4.370.12,7.8)

  = 6766,56 kg/baut

P yang menentukan adalah P_{tumpu} = 6766,56 kg.

Perhitungan jumlah baut-mur,

$$n = \frac{P_{maks.}}{P} = \frac{8663,85}{6766,56} = 1,280 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Digunakan : 2 buah baut

Perhitungan jarak antar baut :

a) 5d ≤ S ≤ 15t atau 200 mm

Diambil, S_1 = 5 d = 5. 12,7

= 63,5 mm

= 60 mm

b) 2,5 d ≤ S_2 ≤ (4t +100) atau 200 mm

Diambil, S_2 = 2,5 d = 2,5 . 12,7

= 31,75 mm

= 30 mm

Tabel 3.25. Rekapitulasi perencanaan profil kuda-kuda utama B

Nomor Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
2	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
3	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
4	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
5	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
6	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
7	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
8	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
9	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
10	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
11	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
12	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
13	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
14	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
15	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
16	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
17	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
18	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
19	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
20	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
21	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
22	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
23	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
24	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
25	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
26	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
27	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
28	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
29	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7

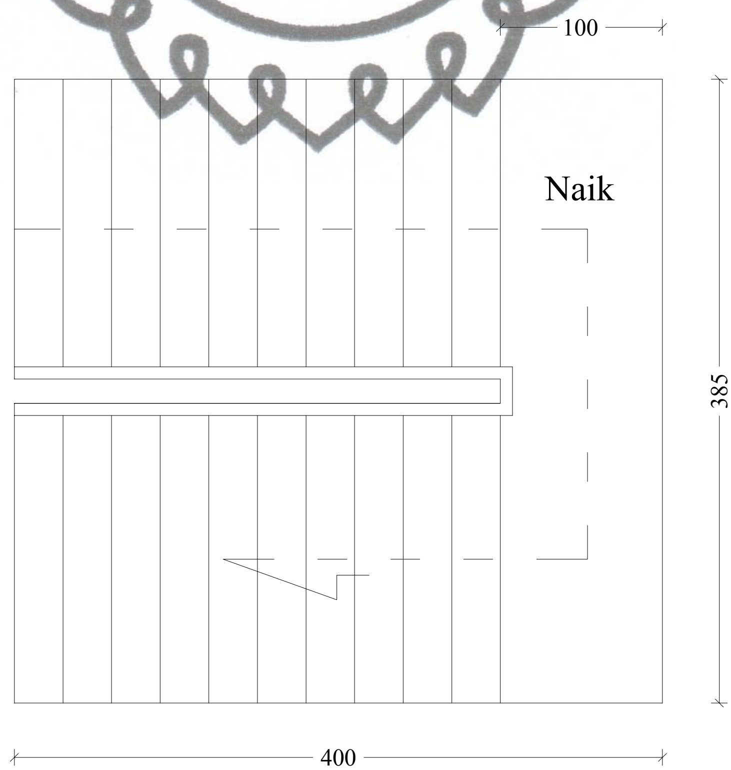
BAB 4
PERENCANAAN TANGGA

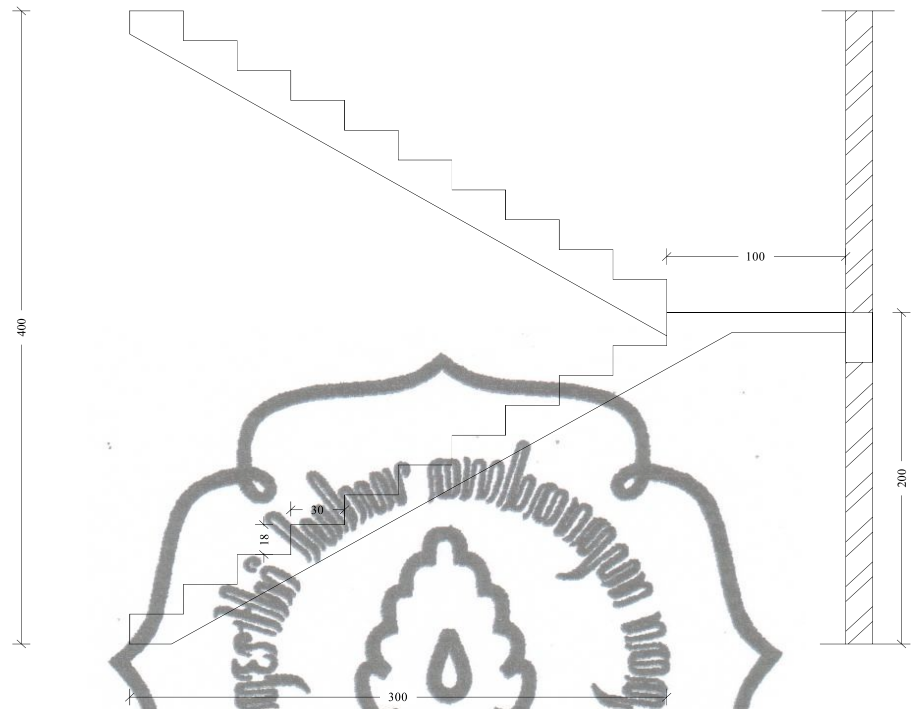
4.1. Uraian Umum

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat yang penting sebagai penghubung antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Penempatan tangga pada struktur suatu bangunan berhubungan dengan fungsi bangunan bertingkat yang akan dioperasionalkan.

Pada bangunan umum, penempatan tangga harus mudah diketahui dan 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





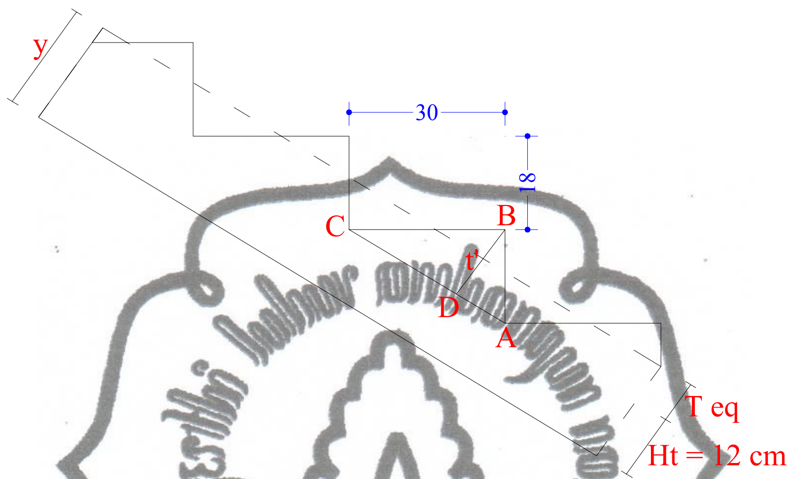
Gambar 4.1. Detail tangga

Data – data tangga :

Tinggi tangga	= 400 cm
Lebar tangga	= 180 cm
Lebar datar	= 400 cm
Tebal plat tangga	= 12 cm
Tebal plat bordes tangga	= 12 cm
Dimensi bordes	= 100 x 385 cm
lebar antrade	= 30 cm
Tinggi optrade	= 18 cm
Jumlah antrede	= 300 / 30
	= 10 buah
Jumlah optrade	= 10 + 1
	= 11 buah
α = Arc.tg (200/300)	= 34^{0}
	= $34^{0} < 35^{0}$……(Ok)

4.3. Perhitungan Tebal Plat Equivalen dan Pembebanan

4.3.1. Perhitungan Tebal Plat Equivalen



Gambar 4.2. Tebal equivalen

$$\frac{BD}{AB} = \frac{BC}{AC}$$

$$BD = \frac{AB \times BC}{AC}$$

$$= \frac{18 \times 30}{\sqrt{(18)^2 + (30)^2}}$$

= 15,43 cm

T eq = 2/3 x BD

= 2/3 x 15,43

= 10,29 cm

Jadi total equivalent plat tangga

Y = t eq + ht

= 10,29 + 12

= 22,29 cm

= 0,223 m

4.3.2. Perhitungan Beban

a. Pembebanan tangga (**SNI 03-2847-2002**)

1. Akibat beban mati (qD)

Berat tegel keramik (1 cm)	= 0,01 x 1 x 2400	= 24	kg/m
Berat spesi (2 cm)	= 0,02 x 1 x 2100	= 42	kg/m
Berat plat tangga	= 0,223 x 1 x 2400	= 559,2	kg/m +
		qD = 625,2	kg/m

2. Akibat beban hidup (qL)

qL = 1 x 300 kg/m

= 300 kg/m

3. Beban ultimate (qU)

qU = 1,2 . qD + 1.6 . qL

= 1,2 . 625,2 + 1,6 . 300

= 750,24 kg/m

b. Pembebanan pada bordes (**SNI 03-2847-2002**)

1. Akibat beban mati (qD)

Berat tegel keramik (1 cm)	= 0,01 x 1 x 2400	= 24	kg /m
Berat spesi (2 cm)	= 0,02 x 1 x 2100	= 42	kg /m
Berat plat bordes	= 0,12 x 1 x 2400	= 288	kg /m +
		qD = 354	kg /m

2. Akibat beban hidup (qL)

qL = 1 x 300 kg /m

= 300 kg /m

3. Beban ultimate (qU)

qU = 1,2 . qD + 1.6 . qL

= 1,2 . 354 + 1,6 . 300

= 1128 kg/m

4.4. Perhitungan Tulangan Tangga dan Bordes

4.4.1. Perhitungan Tulangan Tumpuan

Dicoba menggunakan tulangan ∅ 12 mm

h = 120 mm

d' = p + 1/2 ∅ tul

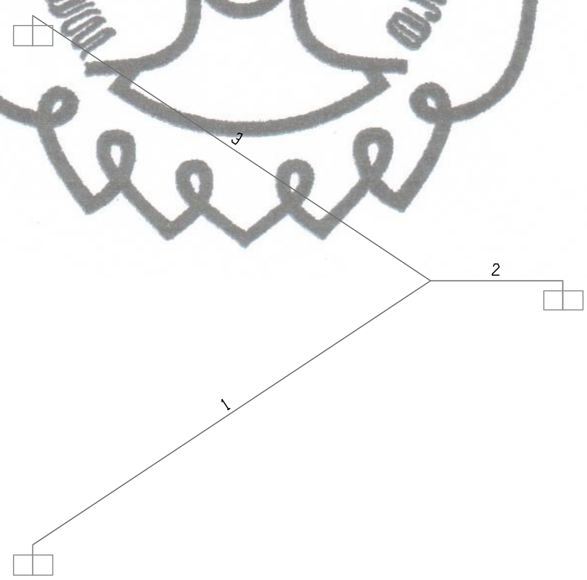
= 20 + 6

= 26 mm

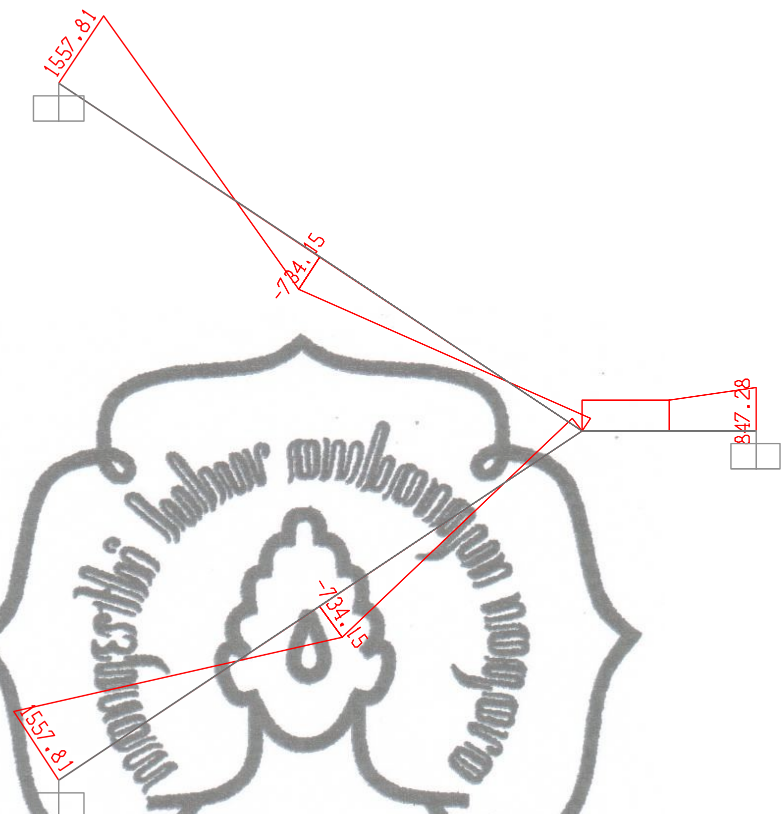
d = h – d'

= 120 – 26

= 94 mm



Gambar 4.3. Rencana tumpuan tangga



Gambar 4.4. Diagram momen pelat tangga dan bordes

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada batang nomor **1**:

M_u = 1557,81 kgm = 1,558. 10^7 Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1{,}558.10^7}{0{,}8} = 1{,}948.10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.fc} = \frac{240}{0{,}85.25} = 11{,}29$$

$$\rho b = \frac{0{,}85.\text{fc}}{\text{fy}}.\beta.\left(\frac{600}{600+\text{fy}}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{240}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+240}\right)$$

$$= 0{,}0537$$

ρ_{max} = 0,75 . ρb

= 0,040

ρ_{min} = 0,0025

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{1{,}948.10^7}{1000.(94)^2} = 2{,}2 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{ada} = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{11{,}29}.\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.11{,}29.2{,}2}{240}}\right)$$

= 0,0097

ρ_{ada} < ρ_{max}

> ρ_{min}

di pakai ρ_{ada} = 0,0097

As = ρ_{ada} . b . d

= 0,0097 x 1000 x 94

= 911,8 mm^2

Dipakai tulangan ∅ 12 mm = ¼ . π x 12^2

= 113,04 mm^2

Jumlah tulangan $= \frac{911{,}8}{113{,}04}$ = 8,066 ≈ 9 buah

Jarak tulangan $= \frac{1000}{8}$ = 111 ≈ 100 mm

Jarak maksimum tulangan = 2 × h

= 2 x 120 = 240 ~ 200 mm

Dipakai tulangan ∅ **12 mm – 100 mm**

As yang timbul = 9. ¼ .π. d^2

= 9 x 0,25 x 3,14 x (12)^2

= 1017,36 mm^2 > As(911,8) .... Aman !

4.4.2. Perhitungan Tulangan Lapangan

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada batang nomor **1**:

$M_u = 734{,}15 \text{ kgm} = 0{,}734.10^7 \text{ Nmm}$

$$Mn = \frac{0{,}734.10^7}{0{,}8} = 0{,}918.10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.fc} = \frac{240}{0{,}85.25} = 11{,}29$$

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{240}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+240}\right)$$

$= 0{,}0537$

$\rho_{max} = 0{,}75 \;.\; \rho b$

$= 0{,}040$

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

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{0{,}918.10^7}{1000.(94)^2} = 1{,}039 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{ada} = \frac{1}{m}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{11{,}29}.\left(1-\sqrt{1-\frac{2.11{,}29.1{,}039}{240}}\right)$$

$= 0{,}0044$

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

$> \rho_{min}$

di pakai $\rho_{ada} = 0{,}0044$

$As = \rho_{min} \;.\; b \;.\; d$

$= 0{,}0044 \text{ x } 1000 \text{ x } 94$

$= 417{,}386 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan $\varnothing$ 12 mm $= ¼ \;.\; \pi \text{ x } 12^2$

$= 113{,}04 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan $= \dfrac{417,386}{113,04} = 3,69 \approx 4$ tulangan

Jarak tulangan $= \dfrac{1000}{4} = 250$ mm

Jarak maksimum tulangan $= 2 \times h = 2$ x $120 = 240 \sim 200$ mm

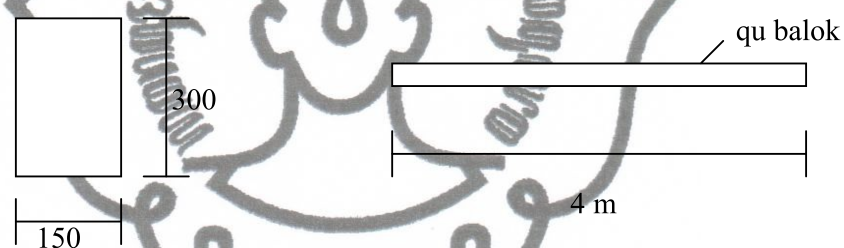
Dipakai tulangan ∅ **12 mm – 200 mm**

As yang timbul $= 4 \,.\, \frac{1}{4}$ x π x d^2

$= 4$ x $0,25$ x $3,14$ x $(12)^2$

$= 452,16 \text{ mm}^2 > \text{As } (417,386)$........aman !

4.5 Perencanaan Balok Bordes



Gambar 4.5. Rencana balok bordes

Data – data perencanaan balok bordes:

h = 300 mm

b = 150 mm

ϕtul = 16 mm

ϕsk = 8 mm

d' = p + ϕsk + ½ ϕtul

= 40 + 8 + 8

= 54,5 mm

d = h – d`

= 300 – 56

= 244 mm

4.5.1. Pembebanan Balok Bordes

1. Beban mati (qD)

Berat sendiri	= 1 x 0,15 x 0,30 x 2400	= 108	kg/m
Berat dinding	= 1 x 0,15 x 2 x 1700	= 510	kg/m
Berat plat bordes	= 1 x 0,12 x 2400	= 288	kg/m
		qD = 966	kg/m

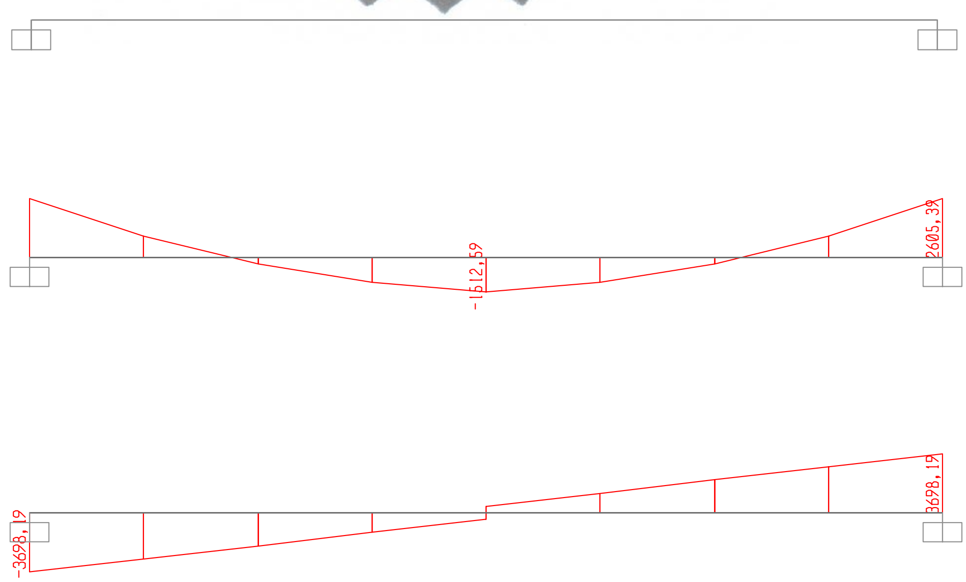
Beban reaksi taangga = 699,65 kg

2. Beban Hidup (qL) = 300 kg/m

3. Beban ultimate (qU)

qU = 1,2 . qD + 1,6.qL
= 1,2 . 906 + 1,6 .300
= 1567,80 kg/m

4.5.2. Perhitungan tulangan lentur



Gambar 4.6. Diagram momen balok bordes

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar

$M_u = 2605{,}39$ kgm $= 2{,}605.10^7$ Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{2{,}605.10^7}{0{,}8} = 3{,}256.10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.fc} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}94$$

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{360}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$= 0{,}0314$

$\rho_{max} = 0{,}75 \;.\; \rho b$

$= 0{,}0235$

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

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{3{,}256.10^7}{150.(245{,}5)^2} = 3{,}645 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{ada} = \frac{1}{m}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.16{,}94.3{,}645}{360}}\right)$$

$= 0{,}01$

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

$> \rho_{min}$

$As = \rho_{ada} \;.\; b \;.\; d$

$= 0{,}01 \text{ x } 150 \text{ x } 244$

$= 366 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan D 16 mm $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16)^2$

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

Jumlah tulangan $= \dfrac{366}{200{,}96} = 1{,}82 \approx 2$ buah

As yang timbul $= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$

$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3{,}14 \cdot (13)^2$

$= 401{,}92 \text{ mm}^2 > \text{As } (366 \text{ mm}^2)$ Aman !

Dipakai tulangan **2 D 16 mm**

4.5.3. Perhitungan Tulangan Geser

Dari perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser terbesar

Vu $= 3698{,}19 \text{ kg} = 36981{,}9 \text{ N}$

Vc $= 1/6 \cdot b.d.\sqrt{f'c}$.

$= 1/6 \cdot 150 \cdot 244 \cdot \sqrt{25}$.

$= 30500 \text{ N}$

$\varnothing$ Vc $= 0{,}6 \cdot Vc$

$= 0{,}6 \cdot 30500 \text{ N}$

$= 18300$

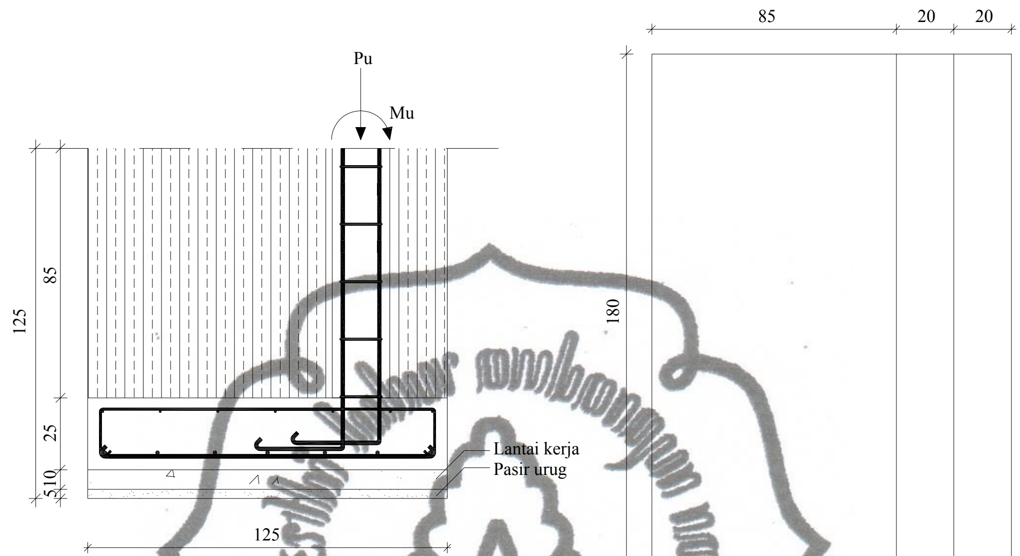
$3\varnothing$ Vc $= 3 \cdot \varnothing Vc$

$= 54900 \text{ N}$

$\varnothing Vc < Vu < 3\varnothing Vc$ tidak perlu tulangan geser

Jadi dipakai tulangan geser minmum **$\varnothing$ 8 – 200 mm**

4.6. Perhitungan Pondasi Tangga



Potongan pondasi Tampak atas

Gambar 4.7. Pondasi Tangga

Dari perhitungan **SAP 2000** pada Frame nomor **1** diperoleh gaya geser terbesar :

- Pu = 4889,14 kg
- Mu = 1557,81 kgm

Direncanakan pondasi telapak dengan :

- B = 1,25 m
- L = 1,8 m
- D = 1,25 m
- Tebal = 250 mm
- Ukuran alas = 1800 × 1250 mm
- γ tanah = 1,7 t/m^3 = 1700 kg/m^3
- σ tanah = 5 kg/cm^2 = 50.000 kg/m^2
- d = 250 - (50 + 6,5 + 8) = 185,5 mm

4.6.1. Perencanaan kapasitas dukung pondasi

a. Perhitungan kapasitas dukung pondasi

Pembebanan pondasi

Berat telapak pondasi	= 1,25 x 1,8 x 0,25 x 2400	= 1350	kg
Berat tanah = ((0,2 x 0,85) + (0,85 x 0,85) x 1,8) x 1700		= 2731,05	kg
Berat kolom	= 0,2 x 1,8 x 0,85 x 2400	= 734,4	kg
Pu		= 4889,14	kg
	$\sum$v	= 9704,59	kg

$$e = \frac{\sum M}{\sum V} = \frac{1557,81}{9704,59}$$

= 0,161 kg < 1/6.B

= 0,161 kg < 1/6.1,25

= 0,161 < 0,208 .... ok

$$\sigma_{\text{yang terjadi}} = \frac{\Sigma V}{A} + \frac{Mu}{\frac{1}{6}.b.L^2}$$

$$\sigma_{\text{tanah}} = \frac{9704,59}{1,25.1,8} + \frac{1577,81}{1/6.1,25.(1,8)^2} = 4543,94 \text{ kg/m}^2$$

$= 4543,94 \text{ kg/m}^2 < 50000 \text{ kg/m}^2$

$= \sigma_{\text{yang terjadi}} < \sigma$ ijin tanah…................Ok!

4.6.2. Perhitungan Tulangan Lentur

$$Mu = \tfrac{1}{2} . \sigma . t^2$$

$$= \tfrac{1}{2} . 4543,94. (0,85)^2 = \text{ kg/m} = 1,642.10^7 \text{Nmm}$$

$$Mn = \frac{1,642.10^7}{0,8} = 2,052.10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85.f'c} = \frac{360}{0,85.25} = 16,94$$

$$\rho b = \frac{0,85 \,.\, f'c}{fy} \beta \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$= \frac{0,85.25}{360} .0,85. \left(\frac{600}{600 + 360} \right)$$

$$= 0,0314$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{2,052.10^7}{1250.(185,5)^2}$$

$$= 0,477$$

$$\rho_{max} = 0,75 \,.\, \rho b$$

$$= 0,75 \,.\, 0,182$$

$$= 0,358$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \,.\, Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,94} . \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.16,94.0,477}{360}} \right)$$

$$= 0,0013$$

$\rho_{perlu} < \rho_{max}$

$< \rho_{min}$

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

$As_{perlu} = \rho_{min} . b . d$

$= 0,0039. 1250 . 185,5$

$= 904,313 \text{ mm}^2$

Dipakai tulangan D 13 mm $= \frac{1}{4} . \pi . 13^2 = 132{,}665 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan $= \dfrac{904{,}313}{132{,}665} = 6{,}816 \approx 7$ buah

Jarak tulangan $= \dfrac{1250}{7} = 178{,}57 \text{ mm}$

Sehingga dipakai tulangan **D 13 – 170 mm**

As yang timbul $= 7 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2$

$= 928{,}665 \text{ mm}^2 >$ As (904,313) ...... Aman !

4.6.3. Perhitungan Tulangan Geser

Vu $= \sigma \times A_{efektif}$

$= 4543{,}94 \times (0{,}525 \times 1{,}8)$

$= 4294{,}02$ N

Vc $= 1/6 . \sqrt{f'c} . b . d$

$= 1/6 . \sqrt{25} . 1250 . 185{,}5$

$= 193229{,}167$ N

$\varnothing$ Vc $= 0{,}6 . Vc$

$= 0{,}6 . 193229{,}167$

$= 115937{,}5$ N

$3\varnothing$ Vc $= 3 . \varnothing$ Vc

$= 3 . 115937{,}5$

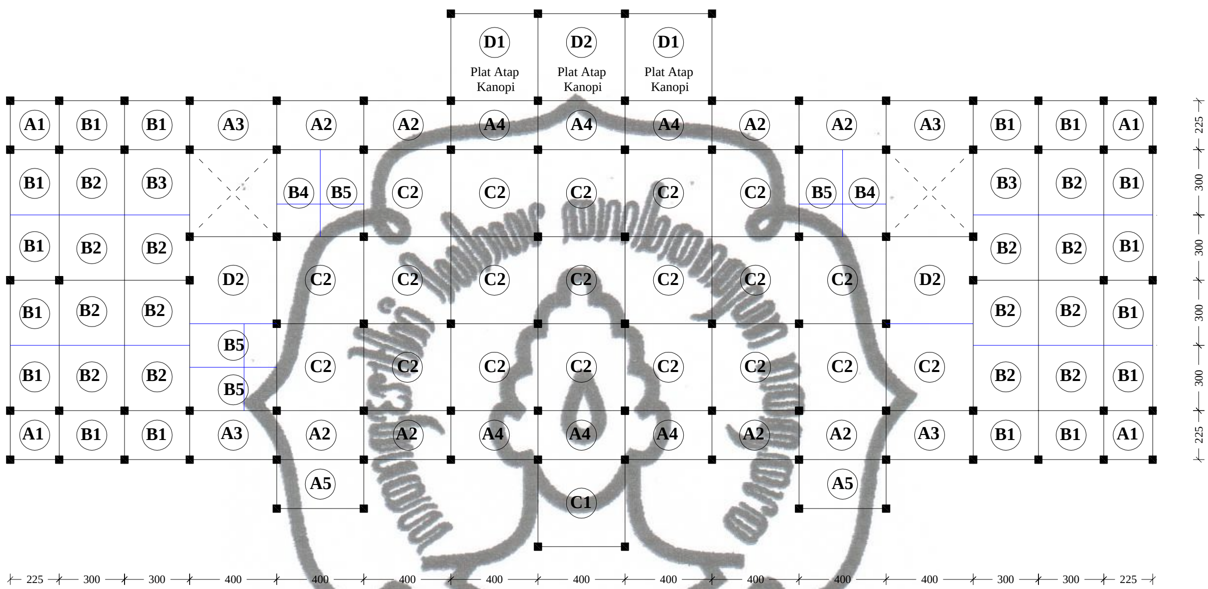
$= 347812{,}5$ N

Vu < $\varnothing$ Vc < 3 Ø Vc = 6576,56 < 115937,5 < 347812,5 tidak perlu tulangan geser

Dipakai tulangan geser minimum $\varnothing$ **8 – 200 mm**

BAB 5
PLAT LANTAI

5.1. Perencanaan Plat Lantai



Gambar 5.1 Denah Plat lantai

5.2. Perhitungan Pembebanan Plat Lantai

Berdasarkan PPIUG 1989 yaitu :

a. Beban Hidup (qL)

Beban hidup fungsi gedung sekolah = 250 kg/m^2

b. Beban Mati (qD)

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

c. Beban Ultimate (qU)

Untuk tinjauan lebar 1 m plat maka :

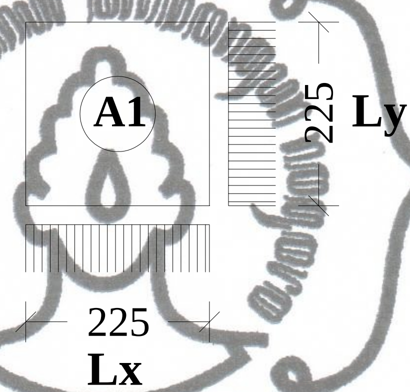
qU = 1,2 qD + 1,6 qL

= 1,2 . 411 + 1,6 . 250

= 893,20 kg/m^2

5.3. Perhitungan Momen

a. Tipe pelat A1



Gambar 5.2 Plat tipe A1

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{2,25}{2,25} = 1,0$$

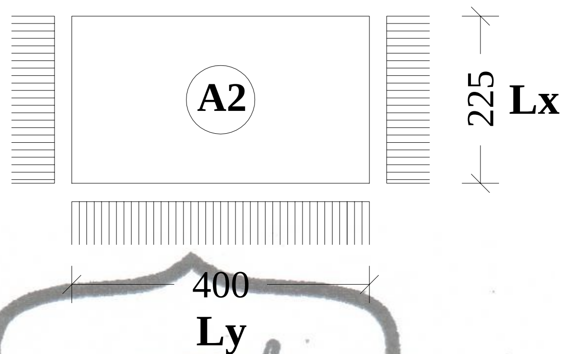
Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. (2,25)^2 .28 = 126,61 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. (2,25)^2 .28 = 126,61 kg m

Mtx = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. (2,25)^2 .68 = - 307,48 kg m

Mty = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. (2,25)^2 .68 = - 307,48 kg m

b. Tipe pelat A2



Gambar 5.3 Plat tipe A2

$\frac{Ly}{Lx} = \frac{4,00}{2,25} = 1,78 \sim 1,8$

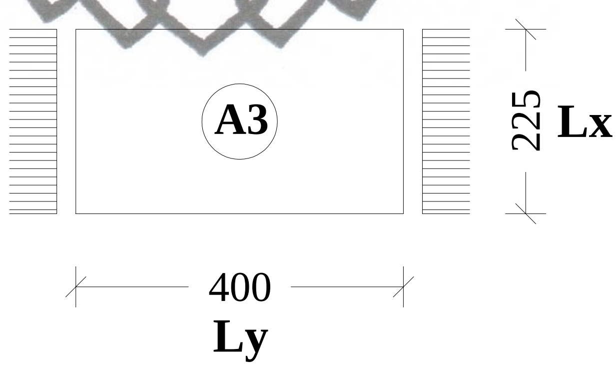
Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(2,25)^2$ .51 = 230,61 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(2,25)^2$ .22 = 99,48 kg m

Mtx = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. $(2,25)^2$ .106 = - 479,31 kg m

Mty = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. $(2,25)^2$ .78 = - 352,70 kg m

c. Tipe pelat A3



Gambar 5.4 Plat tipe A3

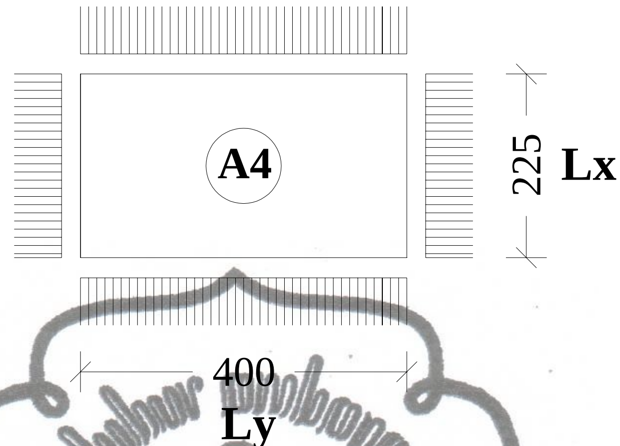
$\frac{Ly}{Lx} = \frac{4,00}{2,25} = 1,78 \sim 1,8$

Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(2,25)^2$ .74 = 334,62 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(2,25)^2$ .41 = 185,39 kg m

Mty = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. $(2,25)^2$ .115 = - 520,01 kg m

d. Tipe pelat A4



Gambar 5.5 Plat tipe A4

$\frac{Ly}{Lx} = \frac{4,00}{2,25} = 1,78 \sim 1,8$

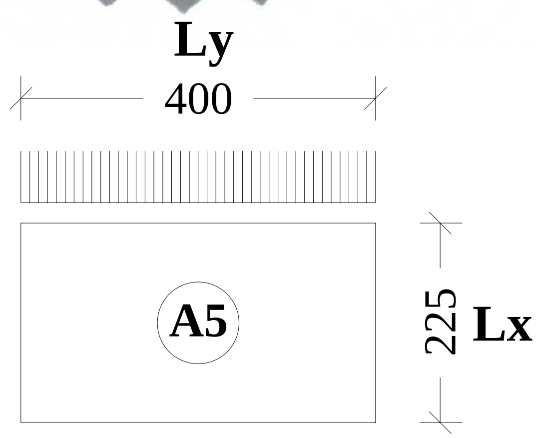
Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(2,25)^2$ .40 = 180,87 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(2,25)^2$ .13 = 58,78 kg m

Mtx = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. $(2,25)^2$ .82 = - 370,79 kg m

Mty = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. $(2,25)^2$ .57 = - 257,74 kg m

e. Tipe pelat A5



Gambar 5.6 Plat tipe A5

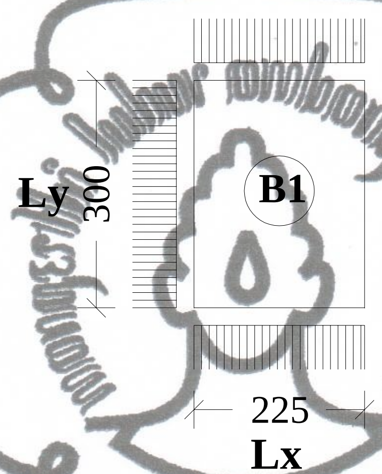
$\frac{Ly}{Lx} = \frac{4,00}{2,25} = 1,78 \sim 1,8$

Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. (2,25)^2 .58 = 262,27 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. (2,25)^2 .20 = 90,44 kg m

Mtx = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. (2,25)^2 .119 = - 538,10 kg m

f. Tipe pelat B1



Gambar 5.7 Plat tipe B1

$\frac{Ly}{Lx} = \frac{3,00}{2,25} = 1,33 \sim 1,4$

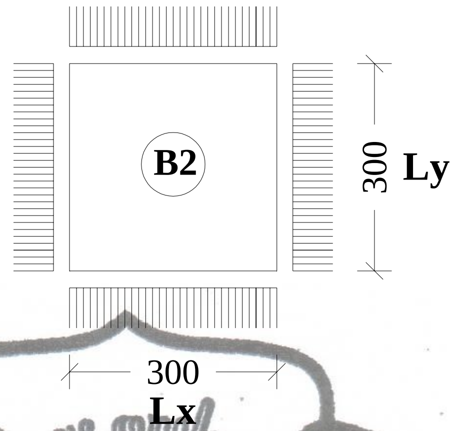
Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. (2,25)^2 .40 = 180,87 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. (2,25)^2 .27 = 122,09 kg m

Mtx = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. (2,25)^2 .89 = - 402,44 kg m

Mty = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. (2,25)^2 .74 = - 334,62 kg m

g. Tipe pelat B2



Gambar 5.8 Plat tipe B2

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{3,00}{3,00} = 1,0$$

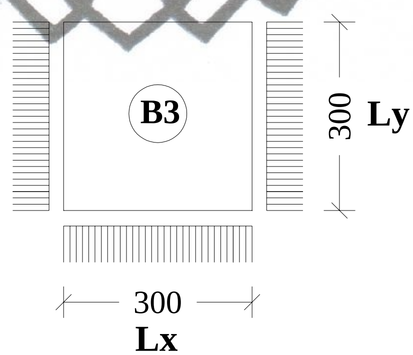
Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(3,00)^2$ .21 = 168,81 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(3,00)^2$ .21 = 168,81 kg m

Mtx = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. $(3,00)^2$ .52 = - 418,02 kg m

Mty = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. $(3,00)^2$ .52 = - 418,02 kg m

h. Tipe pelat B3



Gambar 5.9 Plat tipe B3

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{3,00}{3,00} = 1,0$$

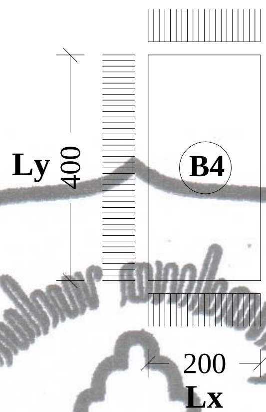
Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(3,00)^2$ .21 = 168,81 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(3,00)^2$ .26 = 209,01 kg m

Mtx = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. $(3,00)^2$ .55 = - 442,13 kg m

Mty = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. $(3,00)^2$ .60 = - 488,33 kg m

i. Tipe pelat B4



Gambar 5.10 Plat tipe B4

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{4,00}{2,00} = 2,0$$

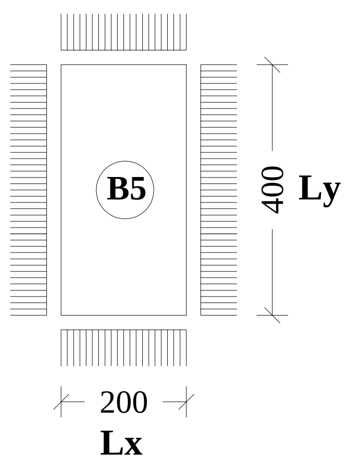
Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(2,0)^2$ .55 = 196,50 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(2,0)^2$ .21 = 75,03 kg m

Mtx = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 .893,2. $(2,0)^2$ .114 = - 407,30 kg m

Mty = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. $(2,0)^2$ .78 = - 278,68 kg m

j. Tipe pelat B5



Gambar 5.11 Plat tipe B5

$\frac{Ly}{Lx} = \frac{4,00}{2,00} = 2,0$

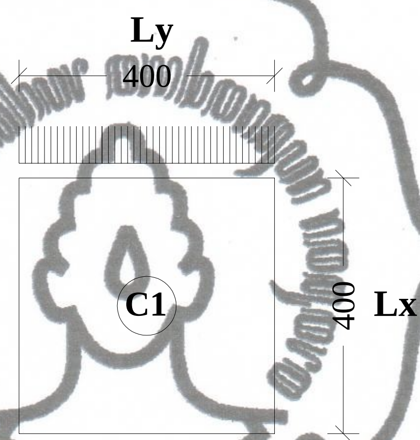
Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. (2,0)^2 .41 = 146,48 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. (2,0)^2 .12 = 42,83 kg m

Mtx = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 .893,2. (2,0)^2 .83 = - 296,34 kg m

Mty = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. (2,0)^2 .57 = - 203,65 kg m

k. Tipe pelat C1



Gambar 5.12 Plat tipe C1

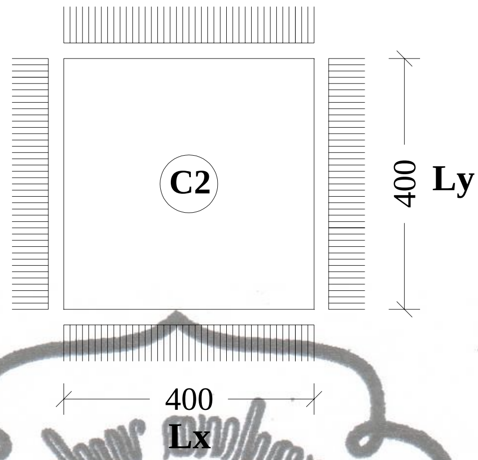
$\frac{Ly}{Lx} = \frac{4,0}{4,0} = 1,0$

Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. (4,0)^2 .37 = 528,77 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. (4,0)^2 .31 = 443,03 kg m

Mtx = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 .893,2. (4,0)^2 .84 = - 1200,46 kg m

l. Tipe pelat C2



Gambar 5.13 Plat tipe C2

$\frac{Ly}{Lx} = \frac{4,00}{4,00} = 1,0$

Mlx = $0,001.qu \cdot Lx^2 \cdot x = 0.001.\ 893,2.\ (4,0)^2 .21$ = 300,12 kg m

Mly = $0,001.qu \cdot Lx^2 \cdot x = 0.001.\ 893,2.\ (4,0)^2 .21$ = 300,12 kg m

Mtx = $-\ 0,001.qu \cdot Lx^2 \cdot x = -\ 0.001\ .893,2.\ (4,0)^2 .52$ = - 743,14 kg m

Mty = $-\ 0,001.qu \cdot Lx^2 \cdot x = -\ 0.001\ .\ 893,2.\ (4,0)^2 .52$ = - 743,14 kg m

Berdasarkan PPIUG 1989 yaitu :

a. Beban Hidup (qL)

Beban hidup atap Kanopi = 100 kg/m^2

b. Beban Mati (qD)

Berat plat sendiri	= 0,12 x 2400 x 1	= 288	kg/m^2
Berat plafond + instalasi listrik		= 25	kg/m^2 +
		qD = 313	kg/m

c. Beban Ultimate (qU)

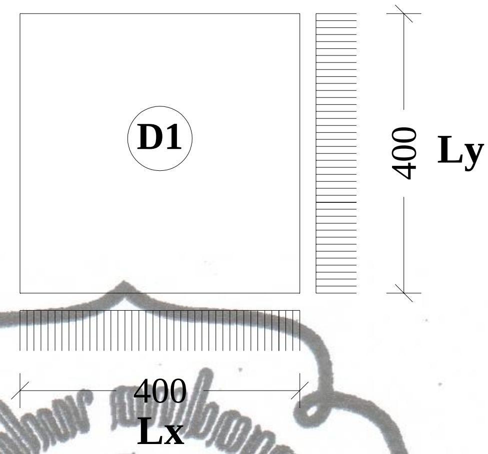
Untuk tinjauan lebar 1 m plat maka :

qU = 1,2 qD + 1,6 qL

= 1,2 . 313 + 1,6 . 100

= 535,6 kg/m^2

m. Tipe pelat D1



Gambar 5.14 Plat tipe D1

$\frac{Ly}{Lx} = \frac{4,00}{4,00} = 1,0$

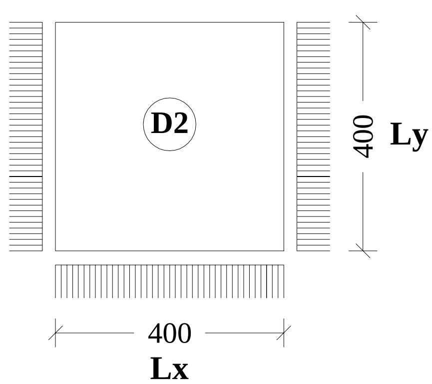
Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(4,0)^2$ .28 = 239,95 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(4,0)^2$ .28 = 239,95 kg m

Mtx = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 .893,2. $(4,0)^2$ .68 = - 582,73 kg m

Mty = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. $(4,0)^2$ .68 = - 582,73 kgm

n. Tipe pelat D2



Gambar 5.15 Plat tipe D2

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{4,00}{4,00} = 1,0$$

Mlx = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(4,0)^2$ .21 = 179,96 kg m

Mly = 0,001.qu . Lx^2 . x = 0.001. 893,2. $(4,0)^2$ .26 = 222,81 kg m

Mtx = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 .893,2. $(4,0)^2$ .55 = - 471,33 kg m

Mty = - 0,001.qu . Lx^2 . x = - 0.001 . 893,2. $(4,0)^2$ .60 = - 514,18 kg m

5.4. Penulangan Plat Lantai

Tabel 5.1. Perhitungan Plat Lantai

Tipe Plat	Ly/Lx (m)	Mlx (kgm)	Mly (kgm)	Mtx (kgm)	Mty (kgm)
A1	2,25/2,25 = 1,0	126,61	126,61	-307,48	-307,48
A2	4,00/2,25 = 1,8	230,61	99,48	-479,31	-352,70
A3	4,00/2,25 = 1,8	334,62	185,39	-	-520,01
A4	4,00/2,25 = 1,8	180,87	58,78	-370,79	-257,74
A5	4,00/2,25 = 1,8	262,27	90,44	538,10	-
B1	3,00/2,25 = 1,4	180,87	122,09	-402,44	-334,62
B2	3,00/3,00 = 1,0	168,81	168,81	-418,02	-418,02
B3	3,00/3,00 = 1,0	168,81	209,01	-442,13	-488,33
B4	4,00/2,00 = 2,0	196,50	75,03	-407,30	-278,68
B5	4,00/2,00 = 2,0	146,48	42,83	-296,54	-203,65
C1	4,00/4,00 = 1,0	**528,77**	**443,03**	**-1200,46**	-
C2	4,00/4,00 = 1,0	300,12	300,12	-743,14	-743,14
D1	4,00/4,00 = 1,0	239,95	239,95	-582,73	-582,73
D2	4,00/4,00 = 1,0	179,96	222,81	-471,33	-514,18

Dari perhitungan momen diambil momen terbesar yaitu:

Mlx = 528,77 kgm

Mly = 443,03 kgm

Mtx = Mty = - 1200,46 kgm

Data – data plat :

Tebal plat (h) = 12 cm

= 120 mm

Diameter tulangan (∅) = 10 mm

fy = 240 MPa

f'c = 25 MPa

b = 1000 mm

p = 20 mm

Tebal penutup (d') = p + ½∅ tul

= 20 + 5

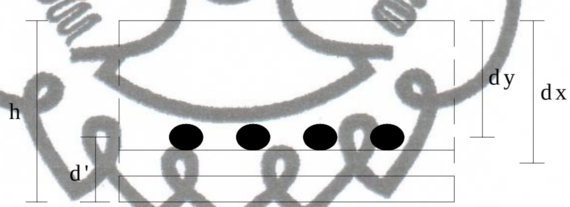
= 25 mm

Tinggi Efektif (d) = h - d'

= 120 – 25

= 95 mm

Tingi efektif



Gambar 5.16 Perencanaan Tinggi Efektif

dx = h – p - ½Ø

= 120 – 20 – 5 = 95 mm

dy = h – d' – Ø - ½ Ø

= 120 – 20 - 10 - ½ . 10 = 85 mm

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{240}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+240}\right)$$

= 0,0538

ρ_{max} = 0,75 . ρb

= 0,75 . 0,05376

= 0,0403

ρ_{min} = 0,0025

5.5. Penulangan tumpuan arah x

Mu = 1200,46 kgm = $12,0046.10^6$ Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{12,0046.10^6}{0,8} = 15,0056.10^6 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.dx^2} = \frac{15,0056.10^6}{1000.(95)^2} = 1,663 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,85.f'c} = \frac{240}{0,85.25} = 11,294$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}.\left(1-\sqrt{1-\frac{2m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{11,294}.\left(1-\sqrt{1-\frac{2.11,294.1,663}{240}}\right)$$

= 0,0072

ρ < ρ_{max}

ρ > ρ_{min}, di pakai ρ_{perlu} = 0,0072

As_{perlu} = ρ_{perlu} . b . dx

= 0,0072 . 1000 . 95

= 686,38 mm^2

Digunakan tulangan ∅ 10

As = ¼ . π . $(10)^2$

= 78,5 mm^2

$$S = \frac{As.b}{As_{perlu}} = \frac{78,5.1000}{686,38}$$

= 114,368 ~ 120 mm

$$n = \frac{b}{s}$$

$$= \frac{1000}{120}$$

$$= 8{,}33 \sim 9$$

As yang timbul $= 9 . \frac{1}{4} . \pi . (10)^2$

$= 706{,}5 \text{ mm}^2 > As_{perlu} (686{,}38)$……..ok!

Dipakai tulangan ∅ **10 – 120 mm**

5.6. Penulangan tumpuan arah y

Mu $= 1200{,}46$ kgm $= 12{,}0046.10^6$ Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{12{,}0046.10^6}{0{,}8} = 15{,}0056.10^6 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.dx^2} = \frac{15{,}0056.10^6}{1000.(95)^2} = 1{,}663 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{240}{0{,}85.25} = 11{,}294$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}.\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{11{,}294}.\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.11{,}294.1{,}663}{240}}\right)$$

$$= 0{,}0072$$

$\rho < \rho_{max}$

$\rho > \rho_{min}$, di pakai $\rho_{perlu} = 0{,}0072$

$As_{perlu} = \rho_{perlu} . b . dx$

$= 0{,}0072 . 1000 . 95$

$= 686{,}38 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan ∅ 10

$As = \frac{1}{4} . \pi . (10)^2$

$= 78{,}5 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{As.b}{As_{perlu}} = \frac{78{,}5.1000}{686{,}38}$$

$= 114{,}368 \sim 120$ mm

$$n = \frac{b}{s}$$

$$= \frac{1000}{120}$$

$= 8{,}33 \sim 9$

As yang timbul $= 9. \frac{1}{4} . \pi . (10)^2$

$= 706{,}5 \text{ mm}^2 > As_{perlu} (686{,}38)$…….ok!

Dipakai tulangan ∅ **10 – 120 mm**

5.7. Penulangan lapangan arah x

Mu $= 528{,}77$ kgm $= 5{,}2877.10^6$ Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{5{,}2877.10^6}{0{,}8} = 6{,}610.10^6 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.dx^2} = \frac{6{,}610.10^6}{1000.(95)^2} = 0{,}732 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{240}{0{,}85.25} = 11{,}294$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}.\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{11{,}294}.\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.11{,}294.0{,}732}{240}}\right)$$

$= 0{,}0031$

$\rho < \rho_{max}$

$\rho > \rho_{min}$, di pakai ρ_{perlu} = 0,0031

As $= \rho_{min} \cdot b \cdot dx$

$= 0{,}0031 \cdot 1000 \cdot 95$

$= 295{,}24 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan ∅ 10

As $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2$

$= 78{,}5 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{As.b}{As_{perlu}} = \frac{78{,}5.1000}{295{,}24}$$

$= 265{,}885 \sim 250$ mm

Jarak maksimum $= 2 \times h$

$= 2 \times 120$

$= 240$ mm

$$n = \frac{b}{s}$$

$$= \frac{1000}{240} = 4{,}2 \sim 5$$

As yang timbul $= 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (10)^2$

$= 392{,}5 \text{ mm}^2 >$ As(295,24)……ok!

Dipakai tulangan ∅ **10 – 240 mm**

5.8. Penulangan lapangan arah y

Mu $= 443{,}03$ kgm $= 4{,}4303.10^6$ Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{4{,}4303.10^6}{0{,}8} = 5{,}538.10^6 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.dx^2} = \frac{5{,}538.10^6}{1000.(95)^2} = 0{,}614 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{240}{0{,}85.25} = 11{,}294$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}.\left(1-\sqrt{1-\frac{2m.Rn}{fy}}\right)$$

$$= \frac{1}{11{,}294}.\left(1-\sqrt{1-\frac{2.11{,}294.0{,}614}{240}}\right)$$

$= 0{,}0026$

$\rho < \rho_{max}$

$\rho > \rho_{min}$, di pakai $\rho_{perlu} = 0{,}0026$

As $= \rho_{min} . b . dx$

$= 0{,}0026. 1000 . 95$

$= 247{,}29 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan ∅ 10

As $= ¼ . \pi . (10)^2$

$= 78{,}5 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{As.b}{As_{perlu}} = \frac{78{,}5.1000}{247{,}29}$$

$= 317{,}14 \sim 300$ mm

Jarak maksimum $= 2 \times h$

$= 2 \times 120$

$= 240$ mm

$$n = \frac{b}{s}$$

$$= \frac{1000}{240} = 4{,}2 \sim 5$$

As yang timbul $= 5. ¼ . \pi . (10)^2$

$= 392{,}5 \text{ mm}^2 > As(247{,}29)$......ok!

Dipakai tulangan ∅ **10 – 240 mm**

5.9. Rekapitulasi Tulangan

Dari perhitungan diatas diperoleh :

Tulangan lapangan arah x **∅ 10 – 240 mm**

Tulangan lapangan arah y **∅ 10 – 240 mm**

Tulangan tumpuan arah x **∅ 10 – 120 mm**

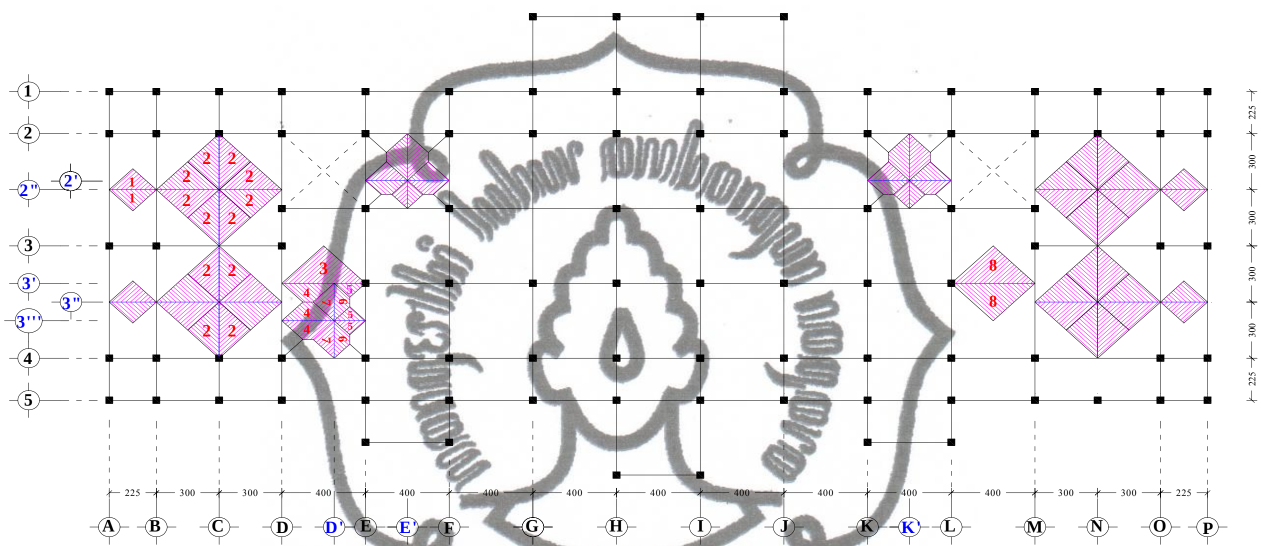
Tulangan tumpuan arah y **∅ 10 – 120 mm**

Tabel 5.2. Penulangan Plat Lantai

Tipe Plat	Momen				Tulangan Lapangan		Tulangan Tumpuan	
	Mlx (kgm)	Mly (kgm)	Mtx (kgm)	Mty (kgm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)
A1	126,61	126,61	-307,48	-307,48	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
A2	230,61	99,48	-479,31	-352,70	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
A3	334,62	185,39	-	-520,01	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
A4	180,87	58,78	-370,79	-257,74	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
A5	262,27	90,44	538,10	-	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
B1	180,87	122,09	-402,44	-334,62	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
B2	168,81	168,81	-418,02	-418,02	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
B3	168,81	209,01	-442,13	-488,33	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
B4	196,50	75,03	-407,30	-278,68	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
B5	146,48	42,83	-296,54	203,65	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
C1	528,77	443,03	-1200,46	-	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
C2	300,12	300,12	-743,14	-743,14	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
D1	239,95	239,95	-582,73	-582,73	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
D2	179,96	222,81	-471,33	-514,18	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120

BAB 6
PERENCANAAN BALOK ANAK

6.1. Perencanaan Balok Anak



Gambar 6.1. Denah Pembebanan Balok Anak

Keterangan :

Balok Anak : As 2"(A – D)

Balok Anak : As 5 (D – E)

Balok Anak : As 5 (L – M)

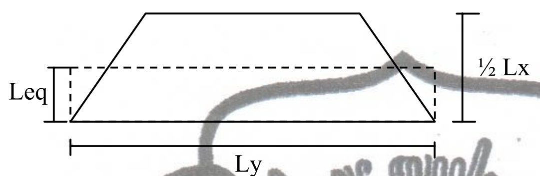
Balok Anak : As 3"(D – E)

Balok Anak : As D'(5 - 6)

6.1.1. Perhitungan Lebar Equivalen

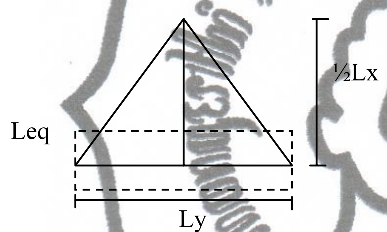
Untuk mengubah beban segitiga dan beban trapesium dari plat menjadi beban merata pada bagian balok, maka beban plat harus diubah menjadi beban equivalent yang besarnya dapat ditentukan sebagai berikut :

a Lebar Equivalen Tipe I



$$Leq = 1/6\ Lx \left\{ 3 - 4.\left(\frac{Lx}{2.Ly} \right)^2 \right\}$$

b Lebar Equivalen Tipe II



$$Leq = 1/3\ Lx$$

6.1.2. Lebar Equivalen Balok Anak

Tabel 6.1. Perhitungan Lebar Equivalen

No.	Ukuran Plat (m^2)	Lx (m)	Ly (m)	Leq (segitiga)	Leq (trapesium)
1.	2,25 x 3	2,25	3	0,75	-
2.	3 x 3	3	3	1	-
3.	4 x 4	4	4	1,33	-
4.	2 x 2,5	2	2,5	0,67	0,79
5.	1,5 x 2	1,5	2	0,5	0,61

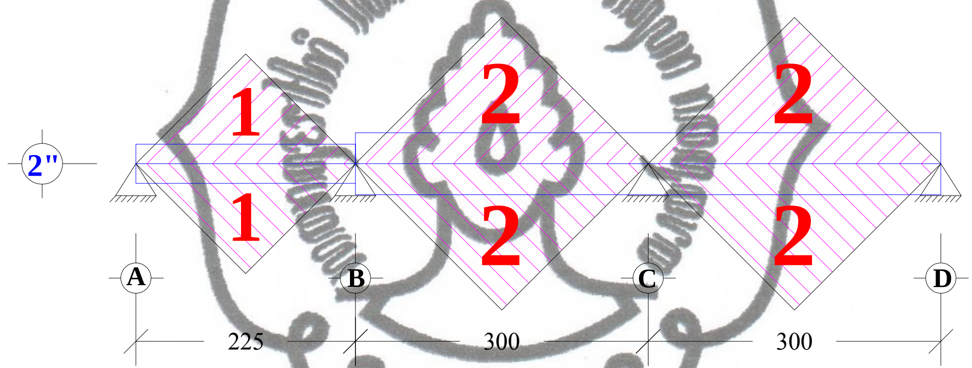
Beban Plat Lantai

- Beban Mati (qd)

Beban plat sendiri	= 0,12. 2400	= 288 kg/m^2
Spesi pasangan	= 0,02. 2100	= 42 kg/m^2
Beban pasir	= 0,02. 1600	= 32 kg/m^2
Beban keramik	= 0,01. 2400	= 24 kg/m^2
Plafond + penggantung	= 11 + 7	= 18 kg/m^2
	qd	= 404 kg/m^2

6.2. Perhitungan Balok Anak As 2"(A – D),(M – P) = As 3'(A – D),(M – P)

6.2.1. Pembebanan



Gambar 6.2 lebar equivalen pembebanan balok anak As 2"(A-D)

a. Dimensi Balok

h = 1/10 . L b = 1/2 . h
= 1/10 . 300 = 1/2 x 30
= 30 cm = 15 cm – 20 cm (dipakai 20 cm)

b. Pembebanan Setiap Elemen

- Beban Mati (qD)

Pembebanan balok elemen A - B

Berat sendiri balok	= 0,2 x (0,3 – 0,12) x 2400	= 86,4 kg/m'
Berat plat	= (2 x 0,75) x 404	= 606 kg/m'
		qd = 692,4 kg/m'

Pembebanan balok elemen B – C = C - D

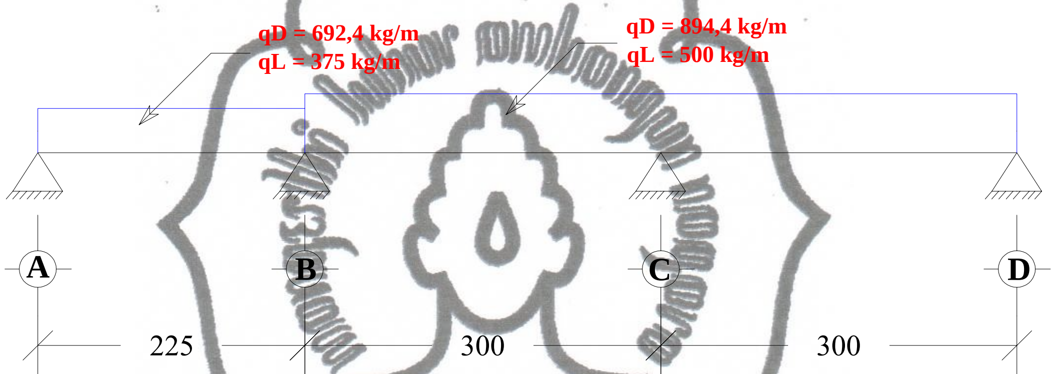
Berat sendiri balok	= 0,2 x (0,3 – 0,12) x 2400	= 86,4	kg/m’
Berat plat	= (2 x 1) x 404	= 808	kg/m’
		qd = 894,4	kg/m’

➢ Beban Hidup (qL)

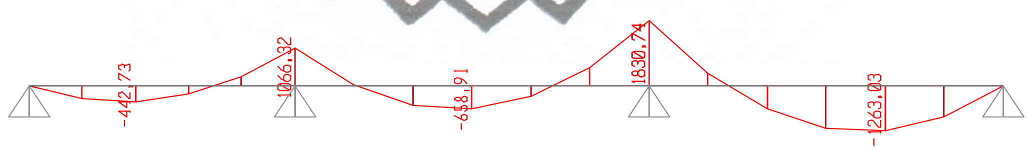
Beban hidup digunakan 250 kg/m^2

Pembebanan balok elemen A – B = 250 x (2 x 0,75) = 375 kg/m’

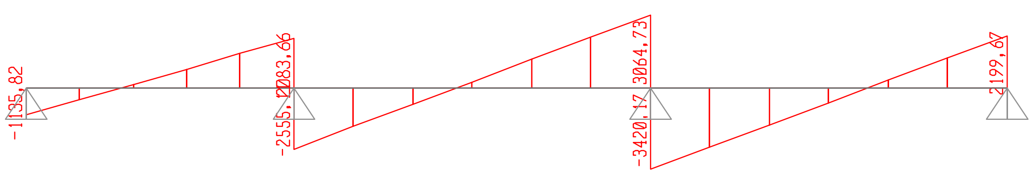
Pembebanan balok elemen B – C = C – D = 250 x (2 x 1) = 500 kg/m’



Pembebanan Balok Anak



Bidang Momen



Bidang Geser

6.2.2. Perhitungan Tulangan

a) Tulangan Lentur Balok Anak

Data Perencanaan:

b = 200 mm $Ø_t$ = 16 mm

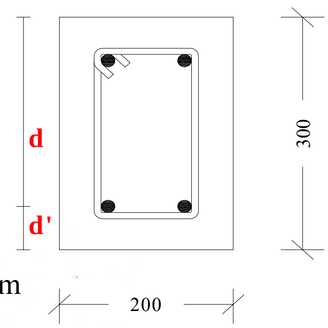
h = 300 mm $Ø_s$ = 8 mm

f'c = 25 Mpa   d' = 40 + 8 + ½ .16

fy = 360 Mpa (ulir)   = 56 mm

fys = 240 Mpa (polos)   d = h – d'

p = 40 mm   = 300 – 56 = 244 mm



$$m = \frac{fy}{0,85.fc} = \frac{360}{0,85.25} = 16,94$$

$$\rho b = \frac{0,85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0,85.25}{360}.0,85.\left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$$= 0,0313$$

$$\rho_{max} = 0,75\ .\ \rho b$$

$$= 0,0235$$

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

➢ **Daerah Lapangan**

Mu = 1263,03 kgm = $1,263.10^7$ Nmm (Perhitungan SAP)

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{1,263.10^7}{0,8} = 1,579.10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{1,579.10^7}{200.244^2} = 1,326$$

$$m = \frac{fy}{0,85.f'c} = \frac{360}{0,85.25} = 16,94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\ .\ 16{,}94\ .\ 1{,}326}{360}}\right)$$

$$= 0{,}0038$$

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

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

As perlu = ρ_{min}. b . d

= 0,0039. 200. 244

= 190,32 mm^2

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.16^2}$$

$$= \frac{190{,}32}{200{,}96} = 0{,}947 \sim 2 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 2 D 16 mm

As ada = 2. ¼ . π . 16^2

= 2 . ¼ . 3,14 . 16^2

= 401,92 mm^2 > As perlu (190,32) → Aman..!!

$$a = \frac{\text{As ada . fy}}{0{,}85\ .\ f'c\ .\ b} = \frac{401{,}92\ .\ 360}{0{,}85\ .\ 25\ .\ 200} = 34{,}04$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 401,92. 360 (244 – 34,04/2)

= 3,284.10^7 Nmm

Mn ada > Mn → Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 2 D 16 mm

➢ **Daerah Tumpuan**

Mu $= 1830{,}74$ kgm $= 1{,}831.10^7$ Nmm (Perhitungan SAP)

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{1{,}831.10^7}{0{,}8} = 2{,}289.10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b\,.\,d^2} = \frac{2{,}289.10^7}{200\,.\,244^2} = 1{,}922$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.\,f'c} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\,.16{,}94\,.1{,}922}{360}}\right)$$

$$= 0{,}0056$$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan $\rho = 0{,}0056$

As perlu $= \rho$. b . d

$= 0{,}0056 \,.\, 200.\, 244$

$= 273{,}54$ mm^2

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\,\pi\,.16^2}$$

$$= \frac{273{,}54}{200{,}96} = 1{,}36 \sim 2 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 2 D 16 mm

As ada $= 2 \,.\, ¼ \,.\, \pi \,.\, 16^2$

$= 2 \,.\, ¼ \,.\, 3{,}14 \,.\, 16^2$

$= 401{,}92$ mm^2 > As perlu (273,54) $\rightarrow$ Aman..!!

$$a = \frac{\text{As ada . fy}}{0{,}85\,.\,f'c\,.\,b} = \frac{401{,}92\,.360}{0{,}85\,.\,25\,.\,200} = 34{,}04$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 401,92. 360 (244 – 34,04/2)

= $3{,}284.10^7$ Nmm

Mn ada > Mn → Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 2 D 16 mm

b) Tulangan Geser Balok anak

- **Daerah Lapangan**

Vu = 2483,53 kg = 24835,3 N (Perhitungan SAP)

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 300 – 40 – ½ (8) = 256 mm

Vc = $1/6 . \sqrt{f'c} . b . d$

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

= 42666,67 N

Ø Vc = 0,6 . 42666,667 N

= 25600,002 N

3 Ø Vc = 3 . 25600,002

= 76800,006 N

Ø Vc < Vu < 3 Ø Vc

24835,3 N < 25600,002 N < 76800,006 N

Jadi tidak diperlukan tulangan geser

s_{max} = $d/2 = \frac{256}{2} = 128$ mm ~ 125 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 125 mm

- **Daerah Tumpuan**

Vu = 3064,73 kg = 30647,3 N (Perhitungan SAP)

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 300 – 40 – ½ (8) = 256 mm

Vc = $1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

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

= 42666,67 N

Ø Vc = 0,6 . 42666,667 N

= 25600,002 N

3 Ø Vc = 3 . 25600,002

= 76800,006 N

Ø Vc < Vu < 3 Ø Vc

25600,002 N < 30647,3 N < 76800,006 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu - Ø Vc

= 30647,3 – 25600,002 = 5047,298 N

Vs perlu $= \frac{\phi Vs}{0,6} = \frac{5047,298}{0,6} = 8412,163$ N

Digunakan sengkang ∅ 8

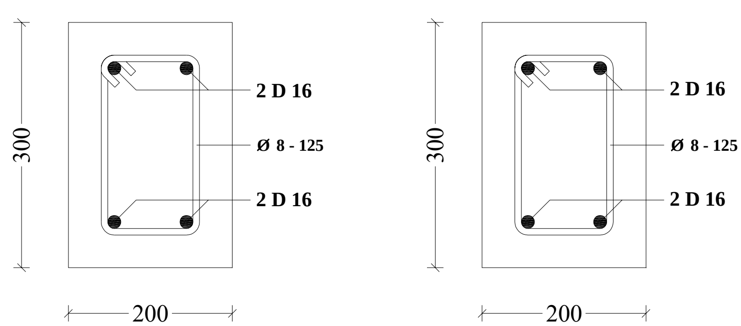
Av = 2 . ¼ π $(8)^2$

= 2 . ¼ . 3,14 . 64 = 100,48 mm^2

s $= \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs\ perlu} = \frac{100,48.240.256}{8412,163} = 733,87$ mm

s_{max} $= d/2 = \frac{256}{2} = 128$ mm ~ 125 mm

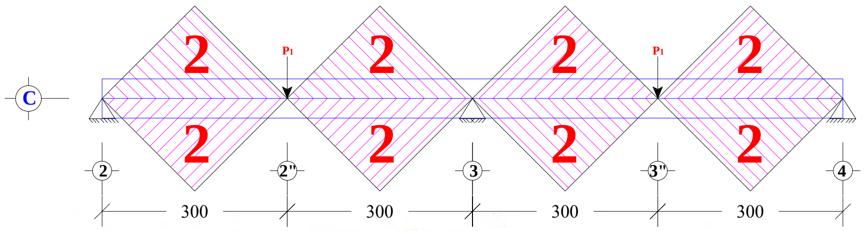
Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 125 mm



POT. TUMPUAN **POT. LAPANGAN**

6.3. Perhitungan Balok Anak As C(2 – 4) = As N(2 – 4)

6.3.1 Pembebanan



Gambar 6.3 lebar equivalen pembebanan balok anak As C(2-4)

a. Dimensi Balok

h = 1/10 . L	b = 1/2 . h
= 1/10 . 600	= 1/2 x 45
= 60 cm (dipakai 45 cm)	= 20 – 25 cm (dipakai 25 cm)

b. Pembebanan Setiap Elemen

- Beban Mati (qD)

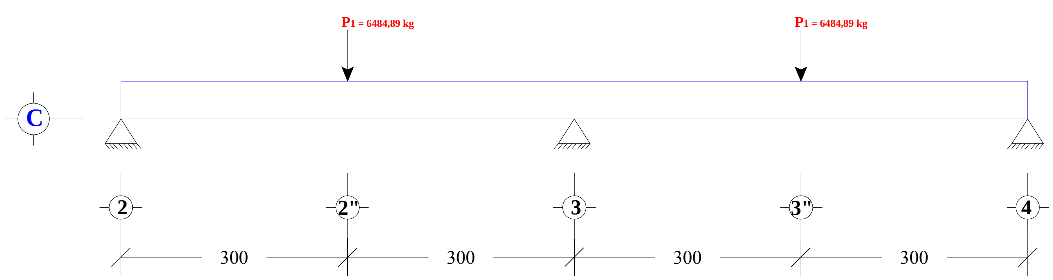
Berat sendiri balok	= 0,25 x(0,45 – 0,12) x 2400	= 198	kg/m’
Berat plat	= (2 x 1) x 404	= 808	kg/m’
		qd = 1006	kg/m’

Beban titik P1 = 6484,89 kg

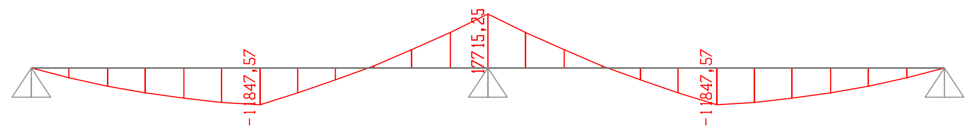
- Beban Hidup (qL)

Beban hidup digunakan 250 kg/m^2

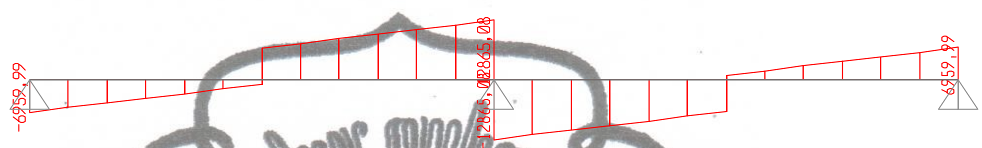
qL = 250 x (2 x 1) = 500 kg/m’



Pembebanan Balok Anak



Bidang Momen



Bidang Geser

6.3.2 Perhitungan Tulangan

a) Tulangan Lentur Balok Anak

Data Perencanaan:

b= 250 mm $Ø_t$ = 19 mm

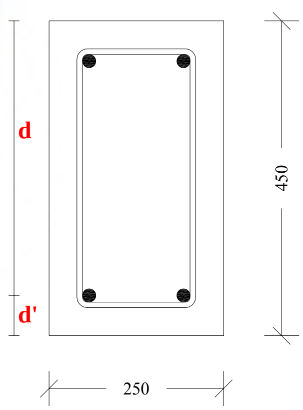
h= 450 mm $Ø_s$ = 10 mm

f'c = 25 Mpa d' = 40 + 8 + ½ .19

fy = 360 Mpa (ulir) = 57,5 mm

fys = 240 Mpa (polos) d = h – d'

p = 40 mm = 450 – 57,5 = 392,5 mm



$$m = \frac{fy}{0{,}85.fc} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}9412$$

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{360}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$$= 0{,}03136$$

$$\rho_{max} = 0{,}75\ .\ \rho b$$

$$= 0{,}0235$$

$\rho_{min} = \dfrac{1,4}{fy} = \dfrac{1,4}{360} = 0,0039$

➤ **Daerah Lapangan**

Mu = 11847,57 kgm = $11,848.10^7$ Nmm (Perhitungan SAP)

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{11,848.10^7}{0,8} = 14,81.10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{14,81.10^7}{250.392,5^2} = 3,845$$

$$m = \frac{fy}{0,85.f'c} = \frac{360}{0,85.25} = 16,94$$

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

$$= \frac{1}{16,94}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \ . \ 16,94 \ . \ 3,845}{360}}\right)$$

$$= 0,0118$$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan $\rho = 0,0118$

As perlu = ρ. b . d

= 0,0118. 250. 392,5

= 1164,256 mm^2

$$n = \frac{As\ perlu}{\frac{1}{4}.\pi.19^2}$$

$$= \frac{1164,256}{283,385} = 4,108 \sim 5 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 5 D 19 mm

As ada $= 5 . \frac{1}{4} . \pi . 19^2$

$= 5 . \frac{1}{4} . 3,14 . 19^2$

$= 1416,925 \text{ mm}^2 >$ As perlu (1164,256) $\rightarrow$ Aman..!!

$$a = \frac{\text{As ada} . fy}{0,85 . f'c . b} = \frac{1416,925 . 360}{0,85 . 25 . 250} = 96,02$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 1416,925. 360 (392,5 – 96,02/2)

$= 17,572.10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 5 D 19 mm

$$\text{Cek jarak} = \frac{b - 2p - 2\phi s - \phi t}{(n-1)}$$

$$= \frac{250 - 2.40 - 2.8 - 5.19}{(5-1)}$$

= 14,75 mm < 25 mm (dipakai tulangan dua lapis)

Di pakai d

d1 = 392,5 mm

d2 = d1 – s – (2 x ½ Ø)

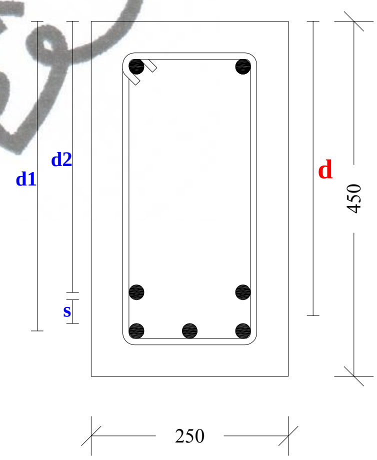
= 392,5 – 30 – (2 x ½.19)

= 343,5 mm

d x 7 = (d1 x 4) + (d2 x 3)

$$d = \frac{(392,5 \times 3) + (343,5 \times 2)}{5}$$

= 373 mm



Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 1416,925. 360 (373 – 96,02/2)

$= 14,129.10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

- **Daerah Tumpuan**

Mu = 17715,25 kgm = 17,716.10^7 Nmm (Perhitungan SAP)

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{17,716.10^7}{0,8} = 22,145.10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b\,.\,d^2} = \frac{22,145.10^7}{250\,.\,392,5^2} = 5,75$$

$$m = \frac{fy}{0,85.f'c} = \frac{360}{0,85.25} = 16,94$$

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

$$= \frac{1}{16,94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\,.\,16,94\,.\,5,75}{360}}\right)$$

$$= 0,0191$$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan ρ_{ada} = 0,0191

As perlu = ρ_{ada} . b . d

= 0,0191 . 250. 392,5

= 1870,919 mm^2

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.19^2}$$

$$= \frac{1870,919}{283,385} = 6,602 \sim 7 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 7 D 19 mm

As ada = 7 . ¼ . π . 19^2

= 7 . ¼ . 3,14 . 19^2

= 1983,695 mm^2 > As perlu (1870,919) → Aman..!!

$$a = \frac{As\ ada \cdot fy}{0{,}85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{1983{,}695 \cdot 360}{0{,}85 \cdot 25 \cdot 250} = 134{,}42$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 1983,695. 360 (392,5 – 134,42/2)

= $23{,}230.10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 7 D 19 mm

$$\text{Cek jarak} = \frac{b - 2p - 2\phi s - \phi t}{(n-1)}$$

$$= \frac{250 - 2.40 - 2.10 - 7.19}{(7-1)}$$

= 2,4 mm < 25 mm (dipakai tulangan dua lapis)

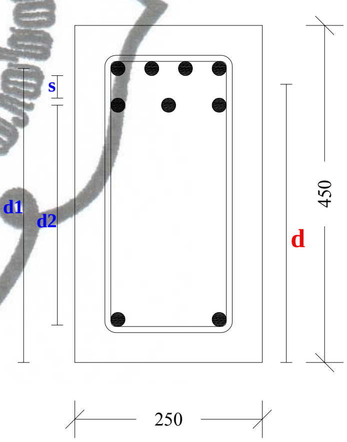
Di pakai d

d1 = 392,5 mm

d2 = d1 – s – (2 x ½ Ø)

= 392,5 – 30 – (2 x ½.19)

= 343,5 mm



d x 7 = (d1 x 4) + (d2 x 3)

$$d = \frac{(392{,}5 x 4) + (343{,}5 x 3)}{7}$$

= 371,5 mm

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 1983,695. 360 (371,5 – 134,42/2)

= $21{,}730.10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

b) Tulangan Geser Balok anak

- **Daerah Lapangan**

Vu = 9854,28 kg = 98542,8 N (Perhitungan SAP)

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 450 – 40 – ½ (8) = 406 mm

Vc = $1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

= $1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 406$

= 84583,33 N

Ø Vc = 0,6 . 84583,33 N

= 50750 N

3 Ø Vc = 3 . 50750

= 152250 N

Ø Vc < Vu < 3 Ø Vc

50750 N < 98542,8 N < 152250 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu - Ø Vc

= 98542,8 – 50750 = 47792,8 N

Vs perlu = $\dfrac{\phi Vs}{0,6} = \dfrac{47792,8}{0,6}$ = 79654,667 N

Digunakan sengkang ∅ 8

Av = 2 . ¼ π $(8)^2$

= 2 . ¼ . 3,14 . 64 = 100,48 mm^2

s = $\dfrac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs\ perlu} = \dfrac{100,48.240.406}{79654,667}$ = 122,9 mm ~ 120 mm

s_{max} = d/2 = $\dfrac{406}{2}$ = 203 mm ~ 200 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 120 mm

➢ **Daerah Tumpuan**

Vu = 12865,08 kg = 128650,8 N (Perhitungan SAP)

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 450 – 40 – ½ (8) = 406 mm

Vc $= 1/6 . \sqrt{f'c} . b . d$

$= 1/6 . \sqrt{25} . 250. 406$

$= 84583,33$ N

Ø Vc $= 0,6 . 84583,33$ N

$= 50750$ N

3 Ø Vc $= 3 . 50750$

$= 152250$ N

Ø Vc < Vu < 3 Ø Vc

50750 N < 128650,8 N < 152250 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu - Ø Vc

$= 128650,8 - 50750 = 77900,8$ N

Vs perlu $= \dfrac{\phi Vs}{0,6} = \dfrac{77900,8}{0,6} = 129834,67$ N

Digunakan sengkang ∅ 8

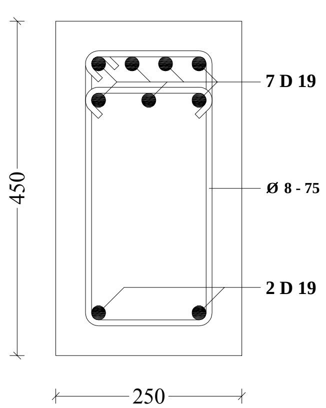
Av $= 2 . ¼ \pi (8)^2$

$= 2 . ¼ . 3,14 . 64 = 100,48 \text{ mm}^2$

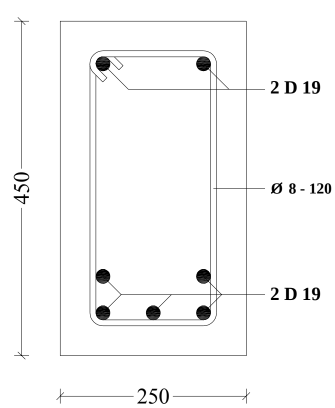
s $= \dfrac{Av . fy . d}{Vs\ perlu} = \dfrac{100,48.240.406}{129834,67} = 75,409$ mm ~ 75 mm

s_{max} $= d/2 = \dfrac{406}{2} = 203$ mm ~ 200 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 75 mm



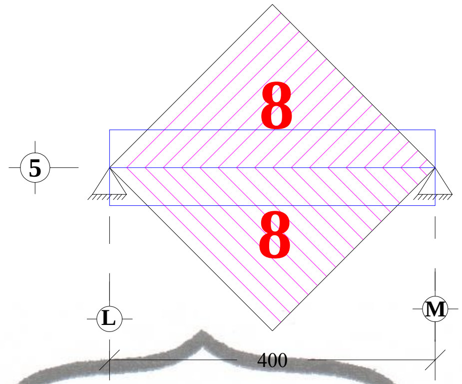
POT. TUMPUAN



POT. LAPANGAN

6.4. Perhitungan Balok Anak As 5 (L – M)

6.4.1 Pembebanan



Gambar 6.4 lebar equivalen pembebanan balok anak As 5(L-M)

a. Dimensi Balok

h = 1/10 . L
= 1/10 . 400
= 40 cm

b = 1/2 . h
= 1/2 . 40
= 20 – 25 cm (dipakai 25 cm)

b. Pembebanan Setiap Elemen

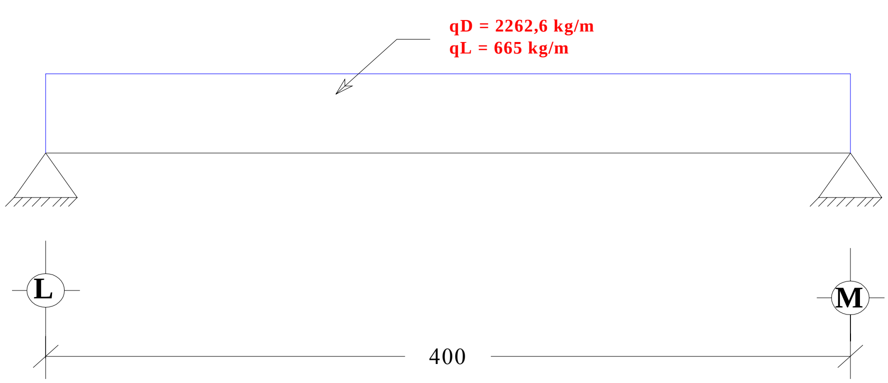
➢ Beban Mati (qD)

Berat sendiri balok	= 0,25 x (0,4 – 0,12) x 2400	=	168	kg/m’
Berat plat	= (2 x 1,33) x 404	=	1074,6	kg/m’
Berat dinding	= 0,15 x 4 x 1700	=	1020	kg/m’
		qD=	2262,6	kg/m’

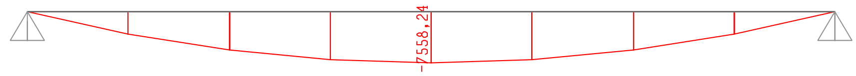
➢ Beban Hidup (qL)

Beban hidup digunakan 250 kg/m^2

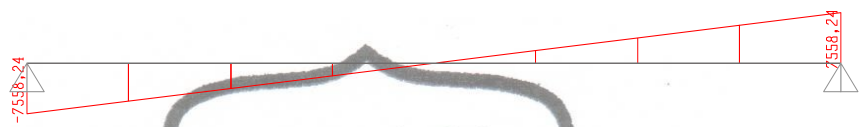
qL = 250 x (2 x 1,33) = 665 kg/m’



Pembebanan Balok Anak



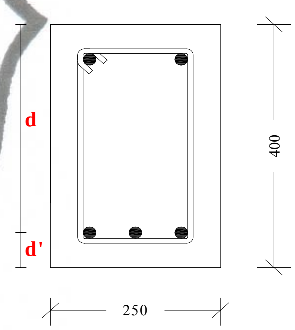
Bidang Momen



Bidang geser

6.4.2 Perhitungan Tulangan

a) Tulangan Lentur Balok Anak



Data Perencanaan:

b= 250 mm		$Ø_t$	= 19 mm
h= 400 mm		$Ø_s$	= 8 mm
f'c	= 25 Mpa	d'	= 40 + 8 + ½ .19
fy	= 360 Mpa (ulir)		= 57,5 mm
fys	= 240 Mpa (polos)	d	= h – d'
p	= 40 mm		= 400 – 57,5 = 342,5 mm

$$m = \frac{fy}{0{,}85.fc} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}9412$$

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{360}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+360}\right) = 0{,}03136$$

$$\rho_{max} = 0{,}75\ .\ \rho b$$

$$= 0{,}0235$$

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

➢ **Daerah Lapangan**

Mu = 7558,24 kgm = $7,558.10^7$ Nmm (Perhitungan SAP)

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{7,558.10^7}{0,8} = 9,448.10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{9,448.10^7}{250.342,5^2} = 3,222$$

$$m = \frac{fy}{0,85.f'c} = \frac{360}{0,85.25} = 16,94$$

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

$$= \frac{1}{16,94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\ .\ 16,94\ .\ 3,222}{360}}\right)$$

$$= 0,0097$$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan ρ = 0,0097

As perlu = ρ. b . d

= 0,0097. 250. 342,5

= 830,563 mm^2

$$n = \frac{As\ perlu}{\frac{1}{4}.\pi.19^2}$$

$$= \frac{830,563}{283,385} = 2,93 \sim 3 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 3 D 19 mm

As ada = 3. ¼ . π . 19^2

= 3 . ¼ . 3,14 . 19^2

= 850,155 mm^2 > As perlu (830,563) → Aman..!!

$$a = \frac{As\ ada\,.\,fy}{0{,}85\,.\,f'c\,.\,b} = \frac{850{,}155\,.\,360}{0{,}85\,.\,25\,.\,250} = 57{,}61$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 850,155. 360 (342,5 – 57,61/2)

= $9{,}612.10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 3 D 19 mm

$$\text{Cek jarak} = \frac{b - 2\,p - 2\phi s - \phi t}{(n - 1)}$$

$$= \frac{250 - 2.40 - 2.8 - 3.19}{(3 - 1)}$$

= 48,5 mm > 25 mm (dipakai tulangan satu lapis)

➢ **Daerah Tumpuan**

Dipakai tulangan 2 D19 (sebagai tulangan pembentuk)

b) Tulangan Geser Balok anak

➢ **Daerah Lapangan**

Vu = 3779,12 kg = 37791,2 N (Perhitungan SAP)

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 400 – 40 – ½ (8) = 356 mm

Vc = $1/6\,.\,\sqrt{f'c}\,.b\,.\,d$

= $1/6\,.\sqrt{25}\,.\,250.\ 356$

= 74166,667 N

Ø Vc = 0,6 . 74166,667 N

= 44500 N

3 Ø Vc = 3 . 44500

= 133500 N

Ø Vc < Vu < 3 Ø Vc

37791,12 N < 44500 N < 133500 N

Jadi tidak diperlukan tulangan geser

s_{max} = d/2 = $\frac{356}{2}$ = 178 mm ~ 170 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 170 mm

➢ **Daerah Tumpuan**

Vu = 7558,24 kg = 75582,4 N (Perhitungan SAP)

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 400 – 40 – ½ (8) = 356 mm

Vc = 1/ 6 . $\sqrt{f'c}$ .b . d

= 1/ 6 . $\sqrt{25}$. 250. 356

= 74166,667 N

Ø Vc = 0,6 . 74166,667 N

= 44500 N

3 Ø Vc = 3 . 44500

= 133500 N

Ø Vc < Vu < 3 Ø Vc

44500 N < 75582,4 N < 133500 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu - Ø Vc

= 75582,4 – 44500 = 31082,4 N

Vs perlu = $\frac{\phi Vs}{0,6} = \frac{31082,4}{0,6}$ = 51804 N

Digunakan sengkang ∅ 8

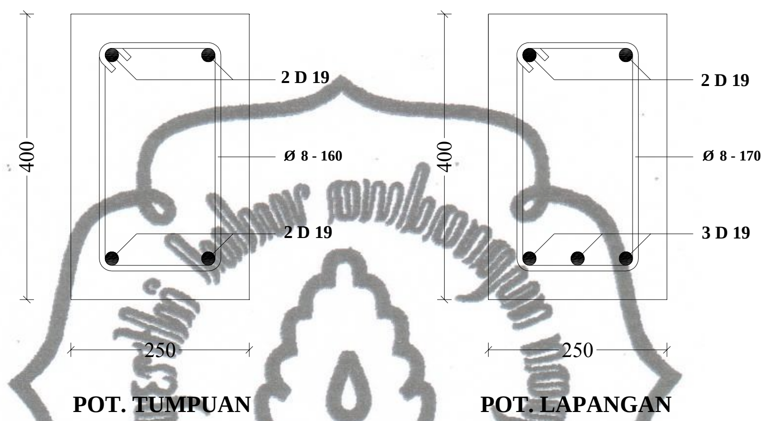
Av = 2 . ¼ π $(8)^2$

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

$s = \dfrac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs\ perlu} = \dfrac{100{,}48 . 240 . 356}{51804} = 165{,}72 \text{ mm} \sim 160 \text{ mm}$

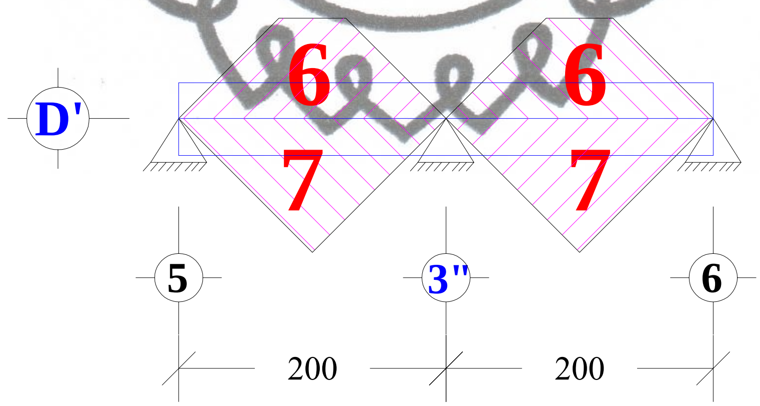
$s_{max} = d/2 = \dfrac{356}{2} = 178 \text{ mm} \sim 180 \text{ mm}$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 160 mm



6.5. Perhitungan Balok Anak As D’ (5 – 6) = As 2’(E – F), (K – L)

6.5.1 Pembebanan



Gambar 6.5 lebar equivalen pembebanan balok anak As D’(5-6)

a. Dimensi Balok

h = 1/10 . L	b = 1/2 . h
= 1/10 . 400	= 1/2 . 40
= 40 cm	= 20 – 25 cm (dipakai 25 cm)

b. Pembebanan Setiap Elemen

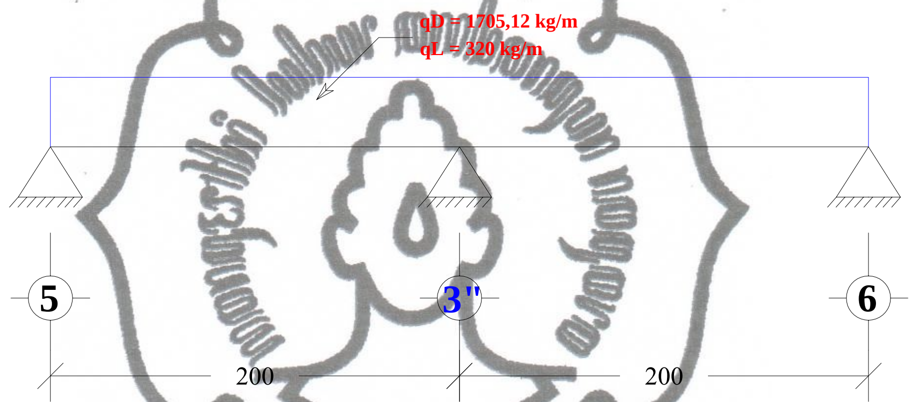
- Beban Mati (qD)

Berat sendiri balok	= 0,25 x (0,4 – 0,12) x 2400	= 168	kg/m'
Berat plat	= (0,61 x 0,67) x 404	= 517,12	kg/m'
Berat dinding	= 0,15 x 4 x 1700	= 1020	kg/m'
	qd	= 1705,12	kg/m'

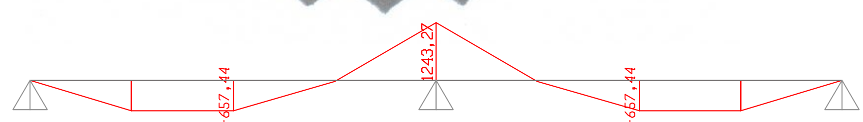
- Beban Hidup (qL)

Beban hidup digunakan 250 kg/m^2

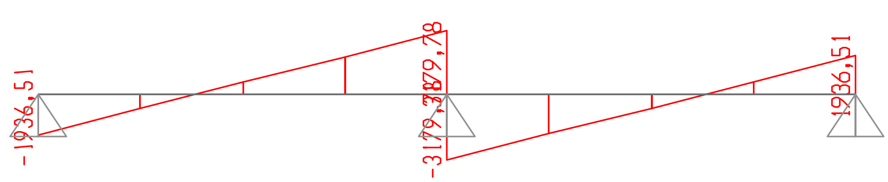
qL = 250 x (0,61 + 0,67) = 320 kg/m'



Pembebanan Balok anak



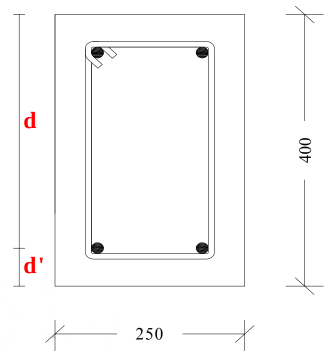
Bidang Momen



Bidang Geser

6.5.2 Perhitungan Tulangan

a) Tulangan Lentur Balok Anak



Data Perencanaan:

b= 250 mm $\varnothing_t$ = 16 mm

h= 400 mm $\varnothing_s$ = 8 mm

f'c = 25 Mpa d' = 40 + 8 + ½ .16

fy = 360 Mpa (ulir) = 56 mm

fys = 240 Mpa (polos) d = h – d'

p = 40 mm = 400 – 56 = 344 mm

$$m = \frac{fy}{0{,}85.fc} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}9412$$

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{360}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$$= 0{,}03136$$

$$\rho_{max} = 0{,}75\ .\ \rho b$$

$$= 0{,}0235$$

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

➤ **Daerah Lapangan**

$Mu = 657{,}44$ kgm $= 0{,}657.10^7$ Nmm (Perhitungan SAP)

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{0{,}567.10^7}{0{,}8} = 0{,}709.10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{0{,}709.10^7}{250.344^2} = 0{,}240$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\ .\ 16{,}94\ .\ 0{,}240}{360}}\right)$$

$= 0{,}00067$

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

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

As perlu = ρ_{min}. b . d

= 0,0039. 250. 344

= 335,4 mm^2

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.16^2}$$

$$= \frac{335{,}4}{200{,}96} = 1{,}669 \sim 2 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 2 D 16 mm

As ada = 2. ¼ . π . 16^2

= 2 . ¼ . 3,14 . 16^2

= 401,92 mm^2 > As perlu (335,4) → Aman..!!

$$a = \frac{\text{As ada . fy}}{0{,}85\text{ . f'c . b}} = \frac{401{,}92\ .\ 360}{0{,}85\ .\ 25\ .\ 200} = 34{,}04$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 401,92. 360 (244 – 34,04/2)

= 3,284.10^7 Nmm

Mn ada > Mn → Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 2 D 16 mm

➢ **Daerah Tumpuan**

Mu = 1243,27 kgm = 1,243.10^7 Nmm (Perhitungan SAP)

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{1{,}243.10^7}{0{,}8} = 1{,}554.10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b\,.\,d^2} = \frac{1{,}554.10^7}{250\,.\,344^2} = 0{,}525$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.16{,}94.0{,}525}{360}}\right)$$

$$= 0{,}0015$$

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

Digunakan ρ_{min} = 0,0039

As perlu = ρ_{min} . b . d

= 0,0056 . 250. 344

= 335,4 mm^2

$$n = \frac{As\ perlu}{\frac{1}{4}.\pi.16^2}$$

$$= \frac{335{,}4}{200{,}96} = 1{,}669 \ \sim 2 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 2 D 16 mm

As ada = 2 . ¼ . π . 16^2

= 2 . ¼ . 3,14 . 16^2

= 401,92 mm^2 > As perlu (273,54) → Aman..!!

$$a = \frac{As\ ada\,.\,fy}{0{,}85\,.\,f'c\,.\,b} = \frac{401{,}92\,.\,360}{0{,}85\,.\,25\,.\,200} = 34{,}04$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 401,92. 360 (244 – 34,04/2)

$= 3{,}284.10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 2 D 16 mm

b) Tulangan Geser Balok anak

Vu = 3179,78 kg = 31797,8 N (Perhitungan SAP)

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 400 – 40 – ½ (8) = 356 mm

Vc = $1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

= $1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 356$

= 74166,667 N

Ø Vc = 0,6 . 74166,667 N

= 44500 N

3 Ø Vc = 3 . 44500

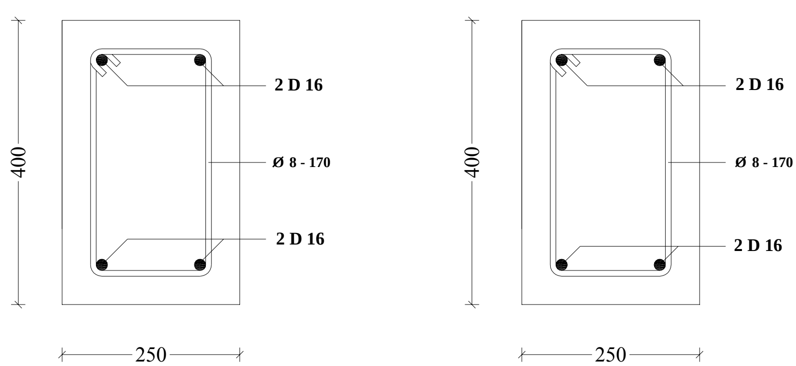
= 133500 N

Vu < Ø Vc < 3 Ø Vc

31797,8 N < 44500 N < 133500 N $\rightarrow$ tidak perlu tulangan geser

$s_{max} = d/2 = \dfrac{356}{2} = 178$ mm ~ 170 mm

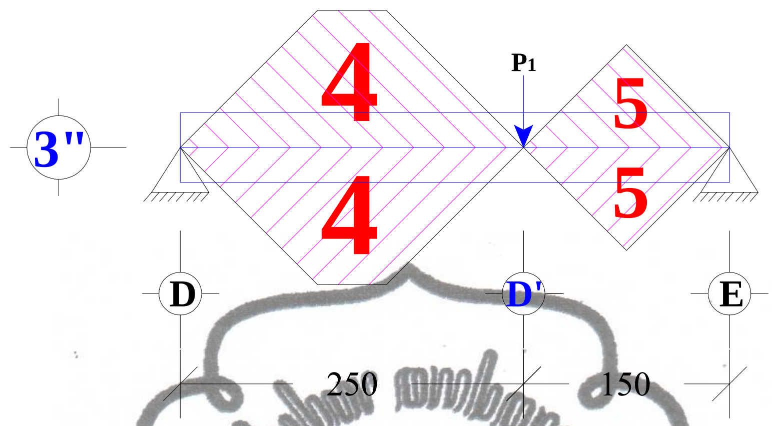
Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 170 mm



POT. TUMPUAN **POT. LAPANGAN**

6.6. Perhitungan Balok Anak As 3'' (D – E)=As E'(2 – 3), As K'(2 – 3)

6.6.1 Pembebanan



Gambar 6.6 lebar equivalen pembebanan balok anak As 3"(D-E)

a. Dimensi Balok

h = 1/10 . L	b = 1/2 . h
= 1/10 . 400	= 1/2 x 40
= 40 cm	= 20 cm – 25cm (dipakai 25 cm)

b. Pembebanan Setiap Elemen

➢ Beban Mati (qD)

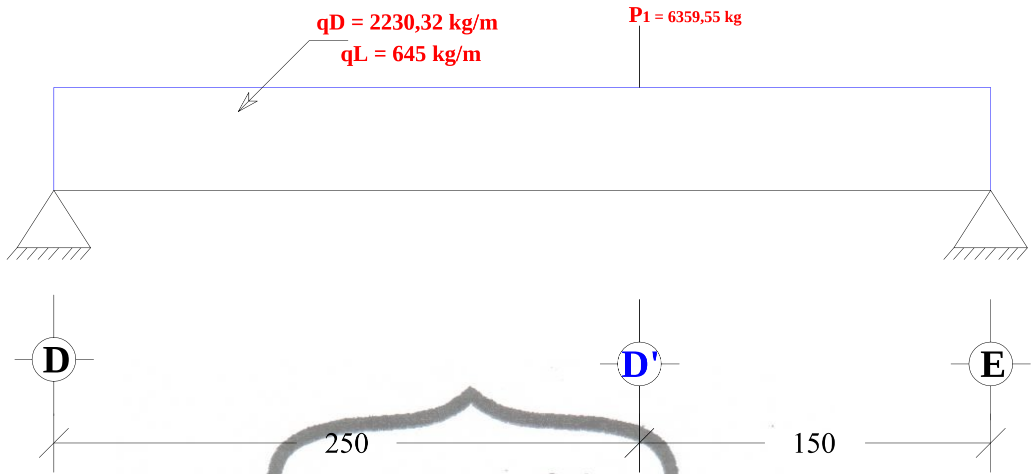
Berat sendiri balok	= 0,25 x (0,4 – 0,12) x 2400	=	168 kg/m'
Berat plat	= 2 x (0,79+0,5) x 404	=	1042,32 kg/m'
Berat dinding	= 0,15 x 4 x 1700	=	1020 kg/m'
		qd =	2230,32 kg/m'

Beban titik P1 = 6359,55 kg

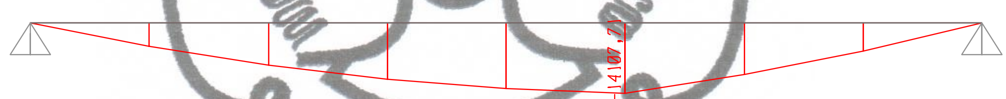
➢ Beban Hidup (qL)

Beban hidup digunakan 250 kg/m^2

qL = 250 x 2(0,79 x 0,5) = 645 kg/m'



Pembebanan Balok Anak



Bidang Momen

Bidang Geser

6.6.2 Perhitungan Tulangan

a) Tulangan Lentur Balok Anak

Data Perencanaan:

b = 250 mm $\quad Ø_t$ = 19 mm

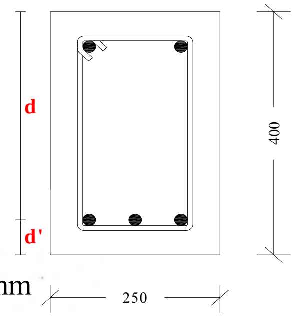
h = 400 mm $\quad Ø_s$ = 8 mm

f'c = 25 Mpa $\quad$ d' = 40 + 8 + ½ .19 = 57,5 mm

fy = 360 Mpa (ulir)

fys = 240 Mpa (polos) $\quad$ d = h – d' = 400 – 57,5 = 342,5 mm

p = 40 mm



$$m = \frac{fy}{0{,}85.fc} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}9412$$

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{360}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$$= 0{,}03136$$

$$\rho_{max} = 0{,}75\ .\ \rho b$$

$$= 0{,}0235$$

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

➢ **Daerah Lapangan**

Mu = 14107,711 kgm = $14{,}108.10^7$ Nmm (Perhitungan SAP)

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{14{,}108.10^7}{0{,}8} = 17{,}635.10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b\,.\,d^2} = \frac{17{,}635.10^7}{250\,.\,342{,}5^2} = 6{,}01$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\ .\ 16{,}94\ .\ 6{,}01}{360}}\right)$$

$$= 0{,}020$$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan $\rho = 0{,}020$

As perlu $= \rho.\ b\ .\ d$

$= 0{,}020.\ 250.\ 342{,}5$

$= 1712{,}5\ mm^2$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.19^2}$$

$$= \frac{1712{,}5}{283{,}385} = 6{,}04 \sim 7 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 7 D 19 mm

As ada $= 7.\ ¼\ .\ \pi\ .\ 19^2$

$= 7.\ ¼\ .\ 3{,}14\ .\ 19^2$

$= 1983{,}695\ mm^2 >$ As perlu (1712,5) $\rightarrow$ Aman..!!

$$a = \frac{\text{As ada} . fy}{0{,}85 . f'c . b} = \frac{1983{,}695 . 360}{0{,}85 . 25 . 250} = 134{,}42$$

Mn ada $=$ As ada . fy $(d - a/2)$

$= 1983{,}695.\ 360\ (344 - 134{,}42/2)$

$= 19{,}766.10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

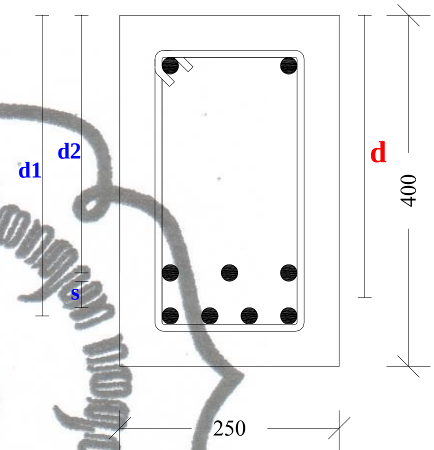
Jadi dipakai tulangan 7 D 19 mm

Cek jarak = $\dfrac{b - 2\,p - 2\phi s - \phi t}{(n - 1)}$

$= \dfrac{250 - 2.40 - 2.8 - 7.19}{(7 - 1)}$

= 3,5 mm < 25 mm (dipakai tulangan dua lapis)

Di pakai d



d1 = 342,5 mm

d2 = d1 – s – (2 x ½ Ø)

= 342,5 – 30 – (2 x ½.19)

= 293,5 mm

d' x 7 = (d1 x 4) + (d2 x 3)

d $= \dfrac{(342{,}5 x 4) + (293{,}5 x 3)}{7}$

= 321,5 mm

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 1983,695. 360 (321,5 – 134,42/2)

= 18,160.10^7 Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

➢ **Daerah Tumpuan**

Dipakai tulangan 2 D19 (sebagai tulangan pembentuk)

b) Tulangan Geser Balok anak

➢ **Daerah Lapangan**

Vu = 8478,05 kg = 84780,5N (Perhitungan SAP)

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 400 – 40 – ½ (8) = 356 mm

Vc $= 1/6 \,.\, \sqrt{f'c}\,.b\,.\,d$

$= 1/6\,.\sqrt{25}\,.\,250.\,356$

= 74166,667 N

Ø Vc = 0,6 . 74166,667 N

= 44500 N

3 Ø Vc = 3 . 44500

= 133500 N

Ø Vc < Vu < 3 Ø Vc

44500 N < 84780,5 N < 133500 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu - Ø Vc

= 84780,5 – 44500 = 40280,5 N

$$\text{Vs perlu} = \frac{\phi Vs}{0,6} = \frac{40280,5}{0,6} = 67134,167 \text{ N}$$

Digunakan sengkang ∅ 8

Av = 2 . ¼ π $(8)^2$

= 2 . ¼ . 3,14 . 64 = 100,48 mm^2

$$s = \frac{Av \,.\, fy \,.\, d}{Vs\ perlu} = \frac{100,48.240.356}{67134,167} = 127,878 \text{ mm} \sim 125 \text{ mm}$$

$$s_{max} = d/2 = \frac{356}{2} = 178 \text{ mm} \sim 170 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 125 mm

➢ **Daerah Tumpuan**

Vu = 12186,43 kg = 121864,3 N (Perhitungan SAP)

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 400 – 40 – ½ (8) = 356 mm

Vc = $1/6 \,.\, \sqrt{f'c} \,.b \,.\, d$

= $1/6 \,.\, \sqrt{25}$. 250. 356

= 74166,667 N

Ø Vc = 0,6 . 74166,667 N

= 44500 N

3 Ø Vc = 3 . 44500

= 133500 N

Ø Vc < Vu < 3 Ø Vc

44500 N < 121864,3 N < 133500 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu - Ø Vc

= 121864,3 – 44500 = 77464,3 N

$$\text{Vs perlu} = \frac{\phi Vs}{0,6} = \frac{77464,3}{0,6} = 129107,167 \text{ N}$$

Digunakan sengkang ∅ 8

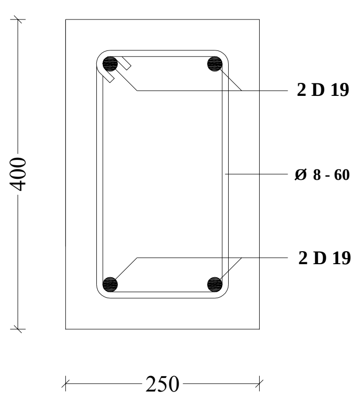
Av = 2 . ¼ π (8)^2

= 2 . ¼ . 3,14 . 64 = 100,48 mm^2

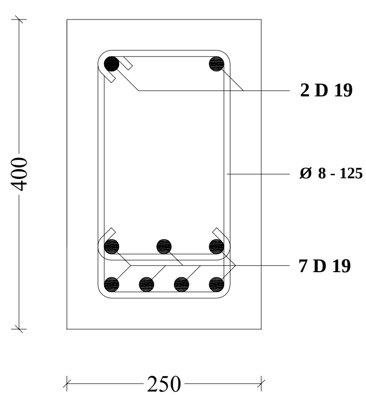
$$s = \frac{Av . fy . d}{Vs \text{ perlu}} = \frac{100,48.240.356}{129107,167} = 66,49 \text{ mm} \sim 60 \text{ mm}$$

$$s_{max} = d/2 = \frac{356}{2} = 178 \text{ mm} \sim 170 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 60 mm



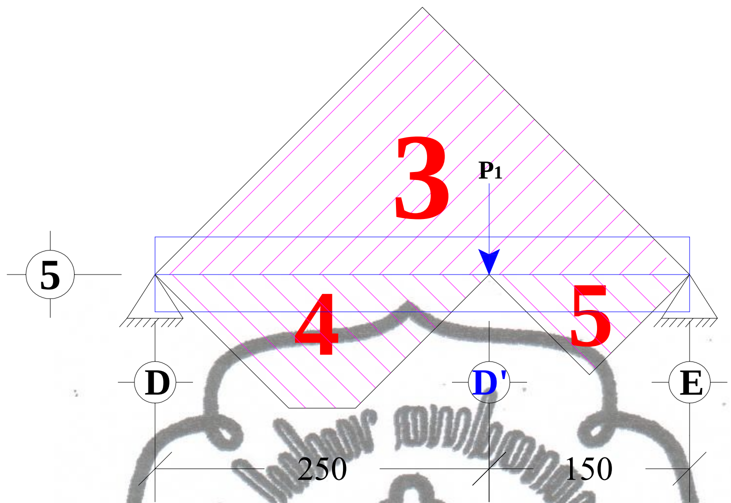
POT. TUMPUAN



POT. LAPANGAN

6.7. Perhitungan Balok Anak As 5 (D – E)

6.7.1 Pembebanan



Gambar 6.7 lebar equivalen pembebanan balok anak As 5 (D-E)

a. Dimensi Balok

h = 1/10 . L   b = 1/2 . h

= 1/10 . 400   = 1/2 x 40

= 40 cm   = 20 cm – 25 cm (dipakai 25 cm)

b. Pembebanan Setiap Elemen

➢ Beban Mati (qD)

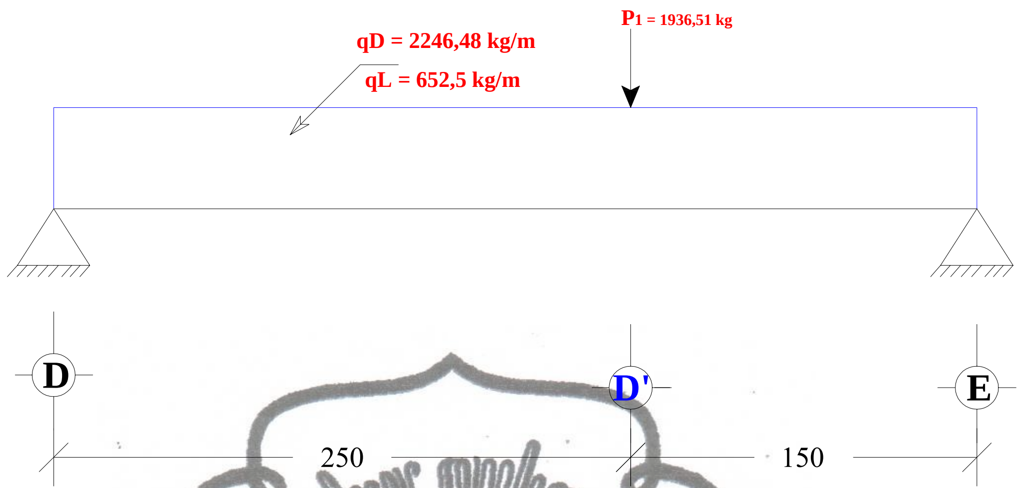
Berat sendiri balok	= 0,25 x (0,3 – 0,12) x 2400	=	168 kg/m’
Berat plat	= (0,79+0,5+1,33) x 404	=	1584,48 kg/m’
Berat dinding	= 0,15 x 4 x 1700	=	1020 kg/m’
		qd =	2246,48 kg/m’

Beban titik P1 = 1936,51 kg

➢ Beban Hidup (qL)

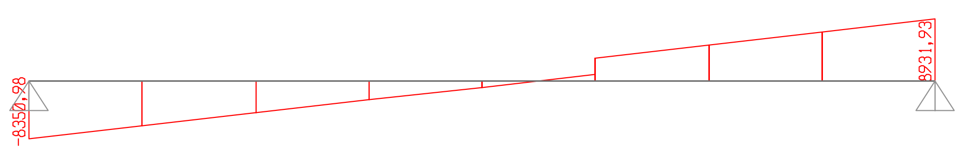
Beban hidup digunakan 250 kg/m^2

qL = 250 x (0,61 + 0,67 + 1,33) = 652,5 kg/m’



Pembebanan Balok Anak

Bidang Momen



Bidang Geser

6.7.2 Perhitungan Tulangan

a) Tulangan Lentur Balok Anak

Data Perencanaan:

b = 250 mm $\quad$ $Ø_t$ = 19 mm

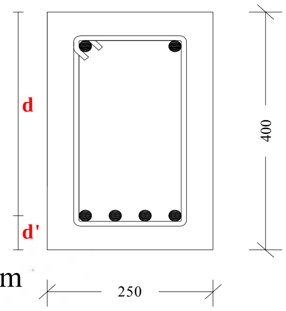
h = 400 mm $\quad$ $Ø_s$ = 8 mm

f'c = 25 Mpa $\quad$ d' = 40 + 8 + ½ .19

fy = 360 Mpa (ulir) $\quad$ = 57,5 mm

fys = 240 Mpa (polos) $\quad$ d = h – d'

p = 40 mm $\quad$ = 400 – 57,5 = 342,5 mm



$$m = \frac{fy}{0{,}85.fc} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}9412$$

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{360}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$$= 0{,}03136$$

$$\rho_{max} = 0{,}75 \;.\; \rho b$$

$$= 0{,}0235$$

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

➢ **Daerah Lapangan**

Mu = 9222,41 kgm = $9{,}222.10^7$ Nmm $\quad$ (Perhitungan SAP)

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{9{,}222.10^7}{0{,}8} = 11{,}523.10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{11{,}523.10^7}{250.342{,}5^2} = 3{,}929$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\ .\ 16{,}94\ .\ 3{,}929}{360}}\right)$$

$= 0{,}012$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan $\rho = 0{,}012$

As perlu $= \rho.\ b\ .\ d$

$= 0{,}012.\ 250.\ 342{,}5$

$= 1042{,}226\ mm^2$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.19^2}$$

$$= \frac{1042{,}226}{283{,}385} = 3{,}67 \sim 4 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 4 D 19 mm

As ada $= 4\ .\ ¼\ .\ \pi\ .\ 19^2$

$= 4\ .\ ¼\ .\ 3{,}14\ .\ 19^2$

$= 1133{,}54\ mm^2 >$ As perlu $(1042{,}226) \rightarrow$ Aman..!!

$$a = \frac{\text{As ada}.fy}{0{,}85.f'c.b} = \frac{1133{,}54.360}{0{,}85.25.250} = 76{,}82$$

Mn ada $=$ As ada . fy (d – a/2)

$= 1133{,}54.\ 360\ (342{,}5 - 76{,}82/2)$

$= 12{,}409.10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 4 D 19 mm

$$\text{Cek jarak} = \frac{b - 2\,p - 2\phi s - \phi t}{(n - 1)}$$

$$= \frac{250 - 2.40 - 2.8 - 4.19}{(4 - 1)}$$

= 26 mm > 25 mm (dipakai tulangan satu lapis)

- **Daerah Tumpuan**

Dipakai tulangan 2 D19 (sebagai tulangan pembentuk)

b) Tulangan Geser Balok anak

- **Daerah Lapangan**

Vu = 5192,16 kg = 51921,6 N (Perhitungan SAP)

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 400 – 40 – ½ (8) = 356 mm

Vc = $1/6 \,.\, \sqrt{f'c}\,.b\,.\,d$

= $1/6 \,.\, \sqrt{25}\,.\,250.\,356$

= 74166,667 N

Ø Vc = 0,6 . 74166,667 N

= 44500 N

3 Ø Vc = 3 . 44500

= 133500 N

Ø Vc < Vu < 3 Ø Vc

44500 N < 51921,6 N < 133500 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu - Ø Vc

= 51921,6 – 44500 = 7421,6 N

$$\text{Vs perlu} = \frac{\phi Vs}{0,6} = \frac{7421,6}{0,6} = 12369,33 \text{ N}$$

Digunakan sengkang ∅ 8

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

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

s $= \dfrac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs\ perlu} = \dfrac{100{,}48.240.356}{12369{,}33} = 694\ mm \sim 690\ mm$

s_{max} $= d/2 = \dfrac{356}{2} = 178\ mm \sim 170\ mm$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 170 mm

➢ **Daerah Tumpuan**

Vu = 8931,83 kg = 89318,3 N (Perhitungan SAP)

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 400 – 40 – ½ (8) = 356 mm

Vc $= 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

$= 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 356$

= 74166,667 N

Ø Vc = 0,6 . 74166,667 N

= 44500 N

3 Ø Vc = 3 . 44500

= 133500 N

Ø Vc < Vu < 3 Ø Vc

44500 N < 89318,3 N < 133500 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu - Ø Vc

= 89318,3 – 44500 = 44818,3 N

Vs perlu $= \dfrac{\phi Vs}{0{,}6} = \dfrac{44818{,}3}{0{,}6} = 74697{,}167\ N$

Digunakan sengkang ∅ 8

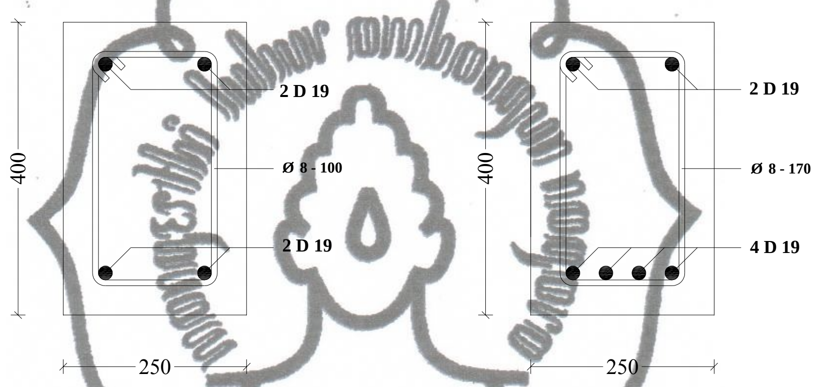
$$Av = 2 \cdot \tfrac{1}{4}\, \pi\, (8)^2$$

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

$$s = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs\ perlu} = \frac{100{,}48.240.356}{74697{,}167} = 114{,}93 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm}$$

$$s_{max} = d/2 = \frac{356}{2} = 178 \text{ mm} \sim 180 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 8 – 100 mm

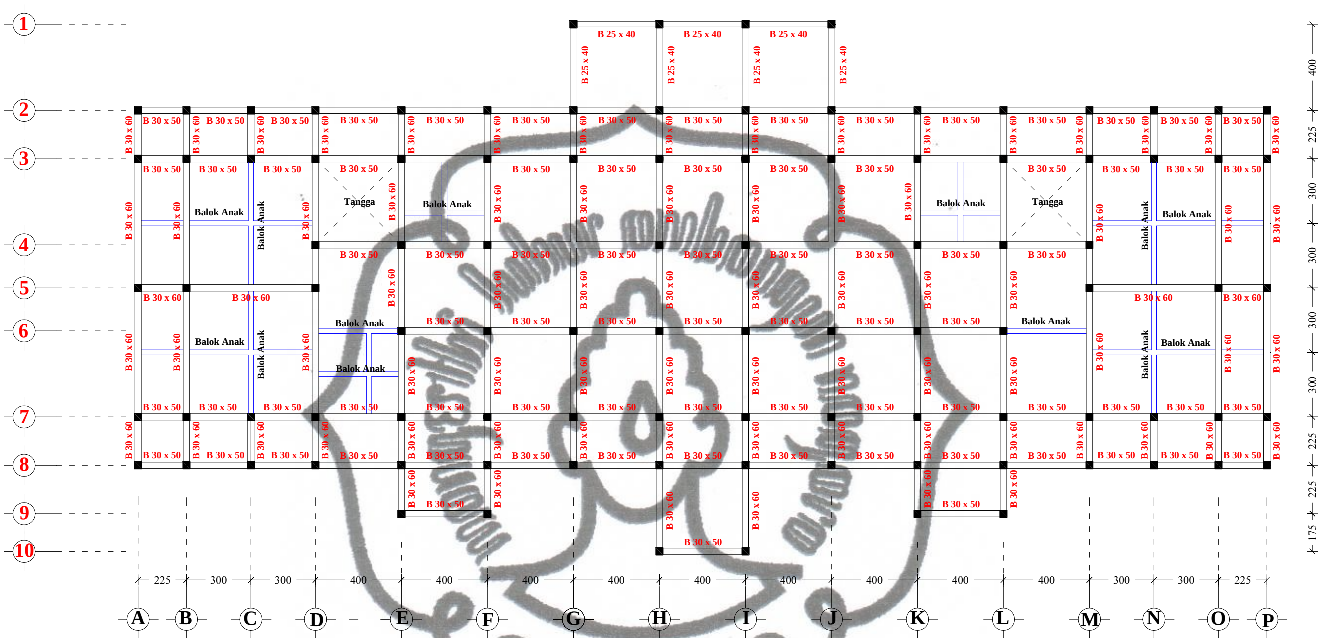


POT. TUMPUAN **POT. LAPANGAN**

BAB 7

PORTAL

7.1. Perencanaan Portal



Gambar 7.1. Denah Portal

7.1.1. Dasar perencanaan

Data yang digunakan untuk perhitungan recana portal adalah sebagai berikut :

a.	Bentuk rangka portal	: Seperti tergambar
b.	Model perhitungan	: SAP 2000 (3 D)
c.	Perencanaan dimensi rangka	: b (mm) × h (mm)
	Dimensi kolom 1	: 400 mm × 400 mm
	Dimensi kolom 2	: 300 mm × 300 mm
	Dimensi sloof	: 250 mm × 400 mm
	Dimensi balok memanjang 1	: 300 mm × 600 mm
	Dimensi balok memanjang 2	: 300 mm × 500 mm
	Dimensi balok melintang	: 300 mm × 600 mm

Dimensi balok kanopi : 250 mm × 400 mm

Dimensi ring balk : 200 mm × 350 mm

d. Kedalaman pondasi : 2 m

e. Mutu beton : fc' = 25 MPa

f. Mutu baja tulangan : fy = 360 MPa

g. Mutu baja sengkang : fy = 240 MPa

7.1.2. Perencanaan pembebanan

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

- Atap

Kuda kuda utama A = 12290,02 kg (SAP 2000)

Kuda kuda utama B = 5940,10kg (SAP 2000)

Jurai = 2019,86 kg (SAP 2000)

Setengah Kuda-kuda = 1982,80 kg (SAP 2000)

- Ring Balk

Beban mati (qD)

Berat sendiri = 0,2 × 0,35 × 2400

= 168 kg/m

Beban berfaktor (qU) = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= 1,2 . 168 + 1,6 . 0

= 201,6 kg/m

➢ Plat Lantai

Berat plat sendiri	= 0,12 × 2400 × 1	= 288	kg/m^2
Berat keramik (1 cm)	= 0,01 × 2400 × 1	= 24	kg/m^2
Berat Spesi (2 cm)	= 0,02 × 2100 × 1	= 42	kg/m^2
Berat plafond + instalasi listrik		= 18	kg/m^2
Berat Pasir (2 cm)	= 0,02 × 1600 ×1	= 32	kg/m^2
	qD	= 404	kg/m^2

➢ Dinding

Berat dinding	= 0,15 (4 - 0,35) × 1700	= 930,75	kg/m
Berat dinding	= 0,15 (2 - 0,35) × 1700	= 420,75	kg/m
Berat dinding	= 0,15 × 1 × 1700	= 255	kg/m

➢ Sloof

- Sloof memanjang

  Beban mati (qD)

Berat sendiri	= 0,25 × 0,4 × 2400	= 240	kg/m
Berat dinding	= 0,15 (4 - 0,5) × 1700	= 892,5	kg/m
	qD	= 1032,5	kg/m

  Beban berfaktor (qU)

  qU = 1,2 . qD + 1,6 . qL

  = 1,2 . 1032,5 + 1,6 . 250 = 1639 kg/m

- Sloof melintang

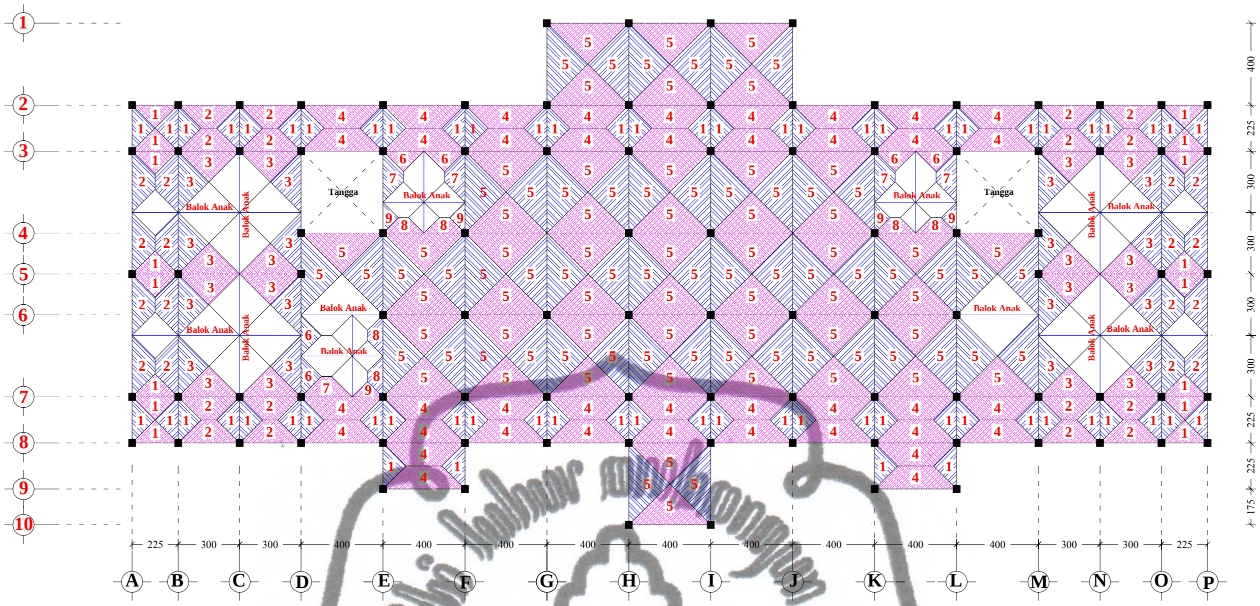
  Beban mati (qD)

Berat sendiri	= 0,25 × 0,4 × 2400	= 240	kg/m
Berat dinding	= 0,15 (4 - 0,6) × 1700	= 867	kg/m
	qD	= 1007	kg/m

  Beban berfaktor (qU)

  qU = 1,2 . qD + 1,6 . qL

  = 1,2 . 1007 + 1,6 . 250 = 1408,4 kg/m

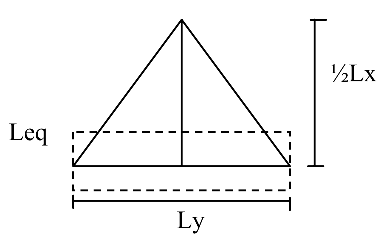


Gambar 7.2. Denah Pembebanan Balok Portal

7.1.3. Perhitungan luas equivalen untuk plat lantai

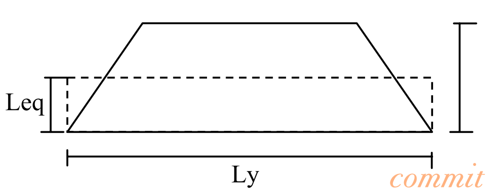
Untuk mengubah beban segitiga dan beban trapesium dari plat menjadi beban merata pada bagian balok, maka beban plat harus diubah menjadi beban equivalent yang besarnya dapat ditentukan sebagai berikut :

a. Luas equivalen segitiga



$$Leq = \frac{1}{3} . Lx$$

b. Luas equivalen trapesium



$$Leq = \frac{1}{6} . Lx . \left(3 - 4\left(\frac{Lx}{2 . Ly} \right)^2 \right)$$

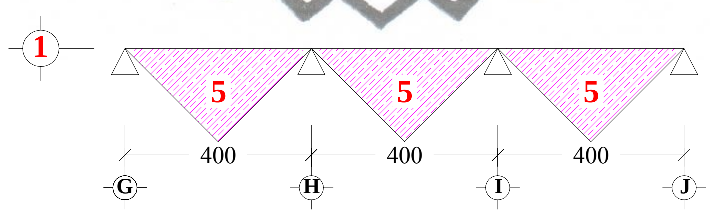
Table7.1. Hitungan Lebar Equivalen

No.	Ukuran Plat (mm)	Lx (m)	Ly (m)	leq (segitiga)	leq (trapesium)
1	225 × 225	2,25	2,25	0,75	-
2	225 × 300	2,25	3,00	-	0,91
3	300 × 300	3,00	3,00	1	-
4	225 × 400	2,25	4,00	-	1,01
5	400 × 400	4,00	4,00	1,33	-
6	200 × 250	2,00	2,50	0,67	-
7	200 × 250	2,00	2,50	-	0,79
8	150 × 200	1,50	2,00	-	0,61
9	150 × 200	1,50	2,00	0,5	-

7.2. Perhitungan Pembebanan Portal

7.2.1. Perhitungan Pembebanan Portal Memanjang

1. Pembebanan Balok Portal As 1 (G – J)



a. Pembebanan balok induk element G – H= H – I = I – J

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok = 0,25 x (0,4 – 0,12) x 2400 = 168 kg/m

Berat pelat lantai = 404 x 1,33 = 537,32 kg/m

qD = 605,32 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 1,33 = 332,5 kg/m

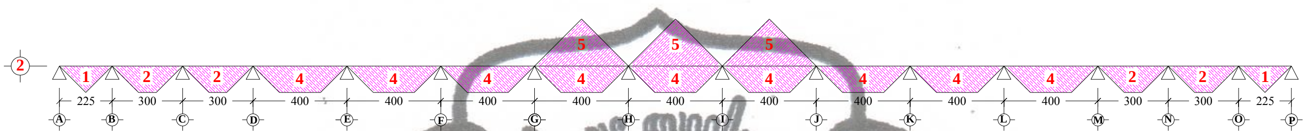
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 605,32) + (1,6 . 332,5)

= 1258,384 kg/m

2. Pembebanan Balok Portal As 2 (A – P)



a. Pembebanan balok induk element A – B = O – P

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 0,75	=	303	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	=	255	kg/m
		qD =	832,6	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 0,75 = 187,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 832,6) + (1,6 . 187,5)

= 1299,12 kg/m

b. Pembebanan balok induk element B – D = M – O

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 0,91	=	367,64	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	=	255	kg/m
		qD =	895,24	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 0,91 = 227,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 895,24) + (1,6 . 227,5)

= 1438,28 kg/m

c. Pembebanan balok induk element D – G = J – M

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	= 273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 1,01	= 405,01	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	= 255	kg/m
		qD = 928,61	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 1,01 = 252,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 928,61) + (1,6 . 252,5)

= 1518,332 kg/m

d. Pembebanan balok induk element G – J

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	= 273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (1,01 + 1,33)	= 945,36	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	= 255	kg/m
		qD = 1473,96	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (1,01 + 1,33) = 585 kg/m

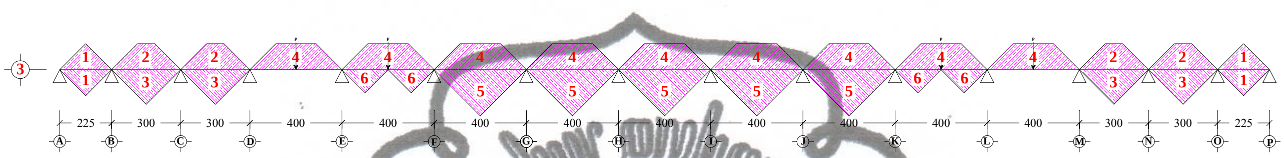
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 1473,96) + (1,6 . 585)

= 2704,75 kg/m

3. Pembebanan Balok Portal As 3 (A – P)



a. Pembebanan balok induk element A – B = O – P

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,5 – 0,12) x 2400	= 273,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,75 x 2)	= 606 kg/m
	qD	= 879,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,75 x 2) = 375 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 879,6) + (1,6 . 375)

= 1655,52 kg/m

b. Pembebanan balok induk element B – D = M – O

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	= 273,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,91 + 1)	= 771,64 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 – 0,35) x 1700	= 930,75 kg/m
	qD	= 1975,99 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,91 + 1) = 477,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 1975,99) + (1,6 . 477,5)

= 3135,188 kg/m

c. Pembebanan balok induk element D – E

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 1,01	=	405,01	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 – 0,35) x 1700	=	930,75	kg/m
		qD =	1609,45	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 1,01 = 252,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 1609,45) + (1,6 . 252,5)

= 2335,34 kg/m

d. Pembebanan balok induk element E – F = K – L

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 1,01 + (2 x 0,67)	=	949,4	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 – 0,35) x 1700	=	930,75	kg/m
		qD =	2143,75	kg/m

Beban titik : P1 = 10278,57 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 1,01 + (2 x 0,67) = 587,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 2141,75) + (1,6 . 587,5)

= 3512,5 kg/m

e. Pembebanan balok induk element F – K

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (1,33 + 1,01)	=	945,36	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 – 0,35) x 1700	=	930,75	kg/m
		qD =	2139,71	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (1,33 + 1,01) = 585 kg/m

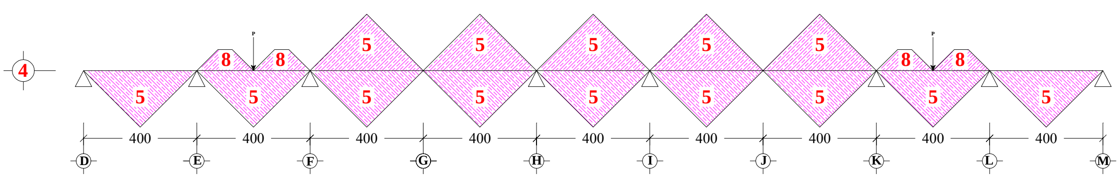
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 2139,71) + (1,6 . 585)

= 3503,65 kg/m

4. Pembebanan Balok Portal As 4 (D – M)



a. Pembebanan balok induk element D – E = L – M

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 1,33	=	537,32	kg/m
		qD =	810,92	kg/m

Beban titik : P1 = 699,65 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 1,33 = 332,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 810,92) + (1,6 . 332,5)

= 1505,104 kg/m

b. Pembebanan balok induk element E – F = K – L

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 0,5) + 1,33	=	941,32	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	=	930,75	kg/m
		qD =	2145,67	kg/m

Beban titik : P1 = 12186,43 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2 x 0,5) + 1,33 = 582,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 2145,67) + (1,6 . 582,5)

= 3506,81 kg/m

c. Pembebanan balok induk element F – H = I – K

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 1,33)	=	1074,64	kg/m
		qD =	1348,24	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2 x 1,33) = 665 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 1348,24) + (1,6 . 665)

= 2681,89 kg/m

d. Pembebanan balok induk element H – I

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 1,33)	=	1074,64	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	=	930,75	kg/m
		qD =	2278,99	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2 x 1,33) = 665 kg/m

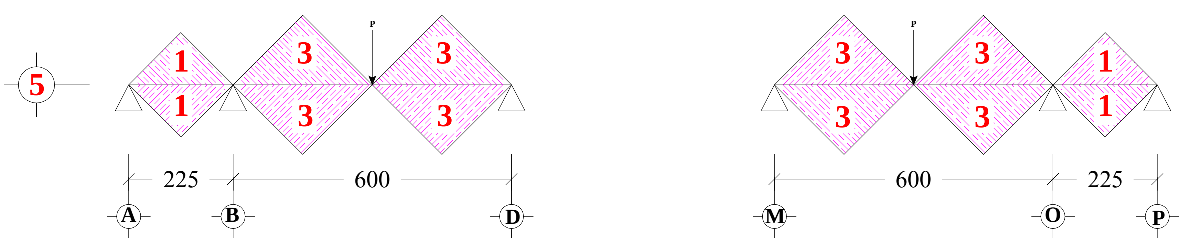
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 2278,99) + (1,6 . 665)

= 3798,79 kg/m

5. Pembebanan Balok Portal As 5 (A – D), (M – P)



a. Pembebanan balok induk element A – B = O – P

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	=	345,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,75 x 2)	=	606	kg/m
		qD =	951,6	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,75 x 2) = 375 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 951,6) + (1,6 . 375)

= 1741,92 kg/m

b. Pembebanan balok induk element B – D

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (1 x 2)	= 808	kg/m
	qD	= 1153,6	kg/m

Beban titik : P1 = 25730,15

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (1 x 2) = 500 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 1153,6) + (1,6 . 500)

= 2184,2 kg/m

c. Pembebanan balok induk element M – O

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (1 x 2)	= 808	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	= 930,75	kg/m
	qD	= 2084,35	kg/m

Beban titik : P1 = 25730,15

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (1 x 2) = 500 kg/m

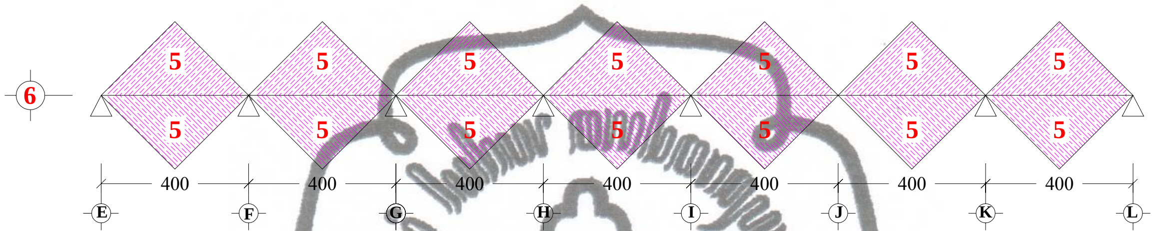
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 2084,35) + (1,6 . 500)

= 3301,22 kg/m

6. Pembebanan Balok Portal As 6 (A – L)



a. Pembebanan balok induk element E – F = K– L

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 1,33)	=	1074,64	kg/m
		qD =	1348,24	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2 x 1,33) = 665 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 1348,24) + (1,6 . 665)

= 2681,89 kg/m

b. Pembebanan balok induk element F – K

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 1,33)	=	1074,64	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 – 0,35) x 1700	=	930,75	kg/m
		qD =	2267,99	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2 x 1,33) = 665 kg/m

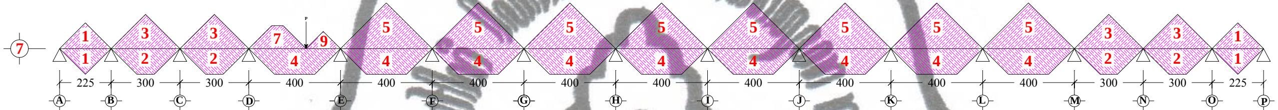
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 2267,99) + (1,6 . 665)

= 3785,588 kg/m

7. Pembebanan Balok Portal As 7 (A – P)



a. Pembebanan balok induk element A – B = O – P

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok = 0,30 x (0,5 – 0,12) x 2400 = 273,6 kg/m

Berat pelat lantai = 404 x (0,75 x 2) = 606 kg/m

qD = 879,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,75 x 2) = 375 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 879,6) + (1,6 . 375)

= 1655,52 kg/m

b. Pembebanan balok induk element B – D = M – O

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	= 273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,91 + 1)	= 771,64	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 – 0,35) x 1700	= 930,75	kg/m
		qD = 1964,99	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,91 + 1) = 477,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 1964,99) + (1,6 . 477,5)

= 3121,988 kg/m

c. Pembebanan balok induk element D – E

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	= 273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (1,01+0,79+0,61)	= 973,64	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 – 0,35) x 1700	= 930,75	kg/m
		qD = 2166,99	kg/m

Beban titik : P1 = 1936,51 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (1,01+0,79+0,61) = 602,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 2166,99) + (1,6 . 602,5)

= 3564,388 kg/m

e. Pembebanan balok induk element E – M

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (1,33 + 1,01)	=	945,36	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 – 0,35) x 1700	=	930,75	kg/m
		qD =	2139,71	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (1,33 + 1,01) = 585 kg/m

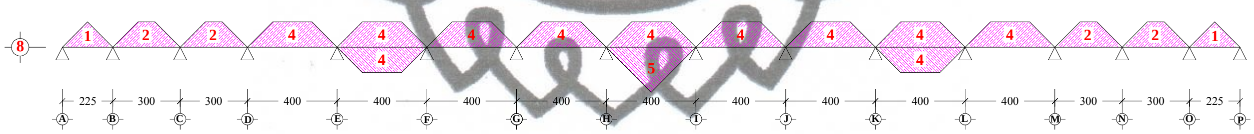
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 2139,71) + (1,6 . 585)

= 3503,65 kg/m

8. Pembebanan Balok Portal As 8 (A – P)



a. Pembebanan balok induk element A – B = O – P

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 0,75	=	303	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	=	255	kg/m
		qD =	832,6	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 0,75 = 187,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 832,6) + (1,6 . 187,5)

= 1299,12 kg/m

b. Pembebanan balok induk element B – D = M – O

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 0,91	=	367,64	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	=	255	kg/m
		qD =	895,24	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 0,91 = 227,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 895,24) + (1,6 . 227,5)

= 1438,28 kg/m

c. Pembebanan balok induk element D – E = F – H = I – K = L – M

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	=	273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 1,01	=	405,01	kg/m
		qD =	678,61	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 1,01 = 252,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 678,61) + (1,6 . 252,5)

= 1218,33 kg/m

d. Pembebanan balok induk element E – F = K – L

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	= 273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (1,01 + 1,33)	= 945,36	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	= 255	kg/m
		qD = 1473,96	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (1,01 + 1,33) = 585 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 1473,96) + (1,6 . 585)

= 2704,75 kg/m

e. Pembebanan balok induk element H – I

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	= 273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (1,01 + 1,33)	= 945,36	kg/m
		qD = 1218,96	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (1,01 + 1,33) = 585 kg/m

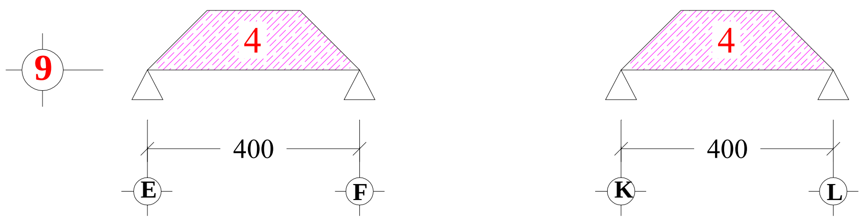
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 1218,96) + (1,6 . 585)

= 2398,75 kg/m

9. Pembebanan Balok Portal As 9 (E – F), (K – L)



a. Pembebanan balok induk element E – F = K – L

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,5 – 0,12) x 2400	= 273,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 1,01	= 405,01	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	= 255	kg/m
		qD = 928,61	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 1,01 = 252,5 kg/m

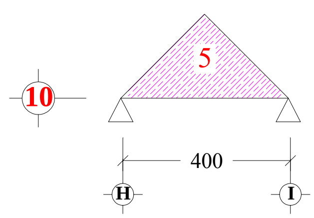
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 928,61) + (1,6 . 252,5)

= 1518,332 kg/m

10. Pembebanan Balok Portal As 10 (H – I)



a. Pembebanan balok induk element H – I

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,25 x (0,4 – 0,12) x 2400	= 168	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 1,33	= 537,32	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	= 255	kg/m
		qD = 950,32	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 1,33 = 332,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

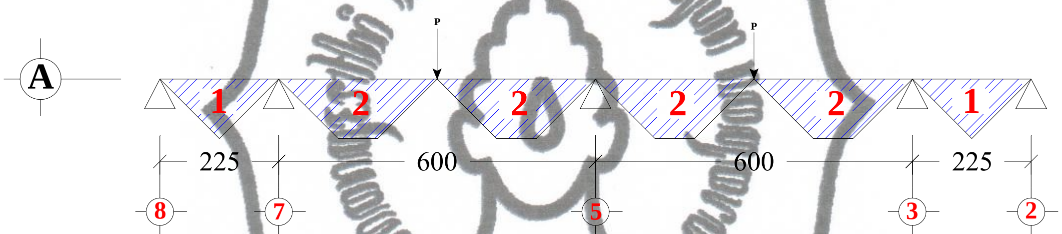
qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 950,32) + (1,6 . 332,5)

= 1672,38 kg/m

7.2.2. Pembebanan Balok Portal Melintang

1. Pembebanan Balok Portal As A (2 – 8) = As P (2 – 8)



a. Pembebanan balok induk element 2 – 3 = 7 – 8

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	=	345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 0,75	=	303 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	=	255 kg/m
		qD =	903,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 0,75 = 187,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 903,6) + (1,6 . 187,5)

= 1384,32 kg/m

b. Pembebanan balok induk element 3 – 5 = 5 – 7

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,6 – 0,12) x 2400	=	345,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 0,91	=	367,64	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	=	255	kg/m
		qD =	967,24	kg/m

Beban titik : P1 = 1135,82 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 0,91 = 227,5 kg/m

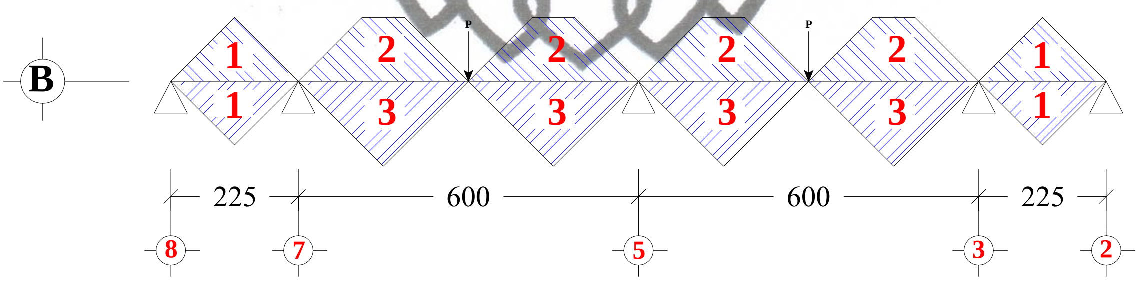
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 967,24) + (1,6 . 227,5)

= 1524,69 kg/m

2. Pembebanan Balok Portal As B (2 – 8) = As O (2 – 8)



a. Pembebanan balok induk element 2 – 3 = 7 – 8

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	=	345,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,75 x 2)	=	606	kg/m
	qD	=	951,6	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,75 x 2) = 375 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 951,6) + (1,6 . 375)

= 1741,92 kg/m

b. Pembebanan balok induk element 3 – 5 = 5 – 7

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,3 x (0,6 – 0,12) x 2400	=	345,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,91 + 1)	=	771,64	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 – 0,35) x 1700	=	930,75	kg/m
		qD =	2046,99	kg/m

Beban titik : P1 = 4638,77 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,91 + 1) = 477,5 kg/m

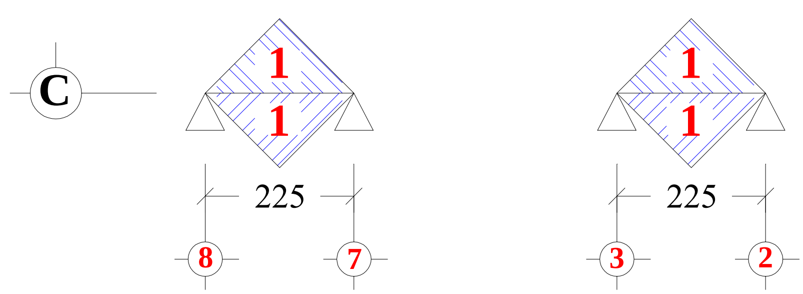
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 . qD + 1,6 . qL

= (1,2 . 2046,99) + (1,6 . 477,5)

= 3220,388 kg/m

3. Pembebanan Balok Portal As C (2 – 3),(7 – 8) = As N (2 – 3),(7 – 8)



a. Pembebanan balok induk element 2 – 3 = 7 – 8

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400=	345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,75 x 2)	= 606 kg/m
	qD	= 951,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,75 x 2) = 375 kg/m

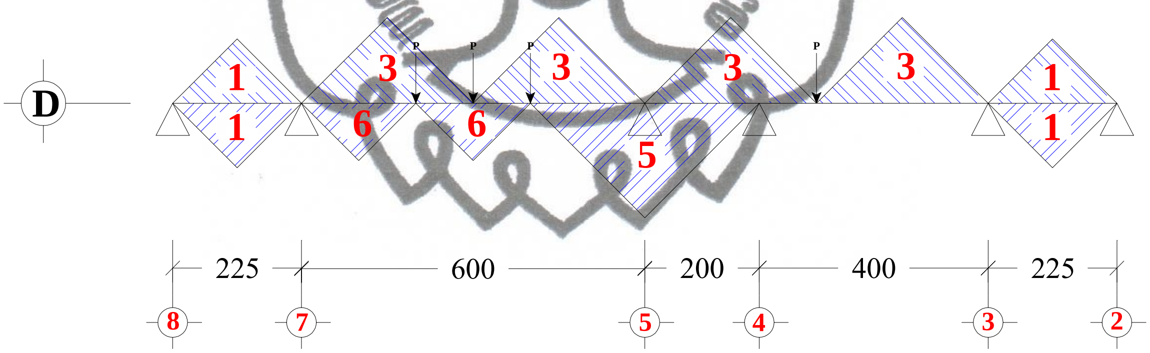
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 951,6) + (1,6 . 375)

= 1741,92 kg/m

4. Pembebanan Balok Portal As D (2 – 8)



a. Pembebanan balok induk element 2 – 3 = 7 – 8

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400=	345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,75 x 2)	= 606 kg/m
	qD	= 951,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,75 x 2) = 375 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 951,6) + (1,6 . 375)

= 1741,92 kg/m

b. Pembebanan balok induk element 3 – 4

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x [1 + (1/3. 1)]	= 537,32 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	= 930,75 kg/m
	qD	= 1813,67 kg/m

Beban titik : P1 = 2199,67 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x [1 + (1/3. 1)] = 332,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 1813,67) + (1,6 . 332,5)

= 2708,404 kg/m

c. Pembebanan balok induk element 4 – 5

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2/3 . 1)+(1/2 . 1,33)	= 535,3 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	= 930,75 kg/m
	qD	= 1811,65 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2/3 . 1)+(1/2 . 1,33) = 332,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 1811,65) + (1,6 . 332,5)

= 2705,98 kg/m

d. Pembebanan balok induk element 5 – 7

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400 =	345,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x [1+0,67+(1/2.0,67)] =	810,2	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700 =	930,75	kg/m
	qD =	2035,55	kg/m

Beban titik : P1 = 8350,98 kg

P2 = 2199,67 kg

P3 = 10278,57 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x [1+0,67+(1/2.0,67)] = 501,25 kg/m

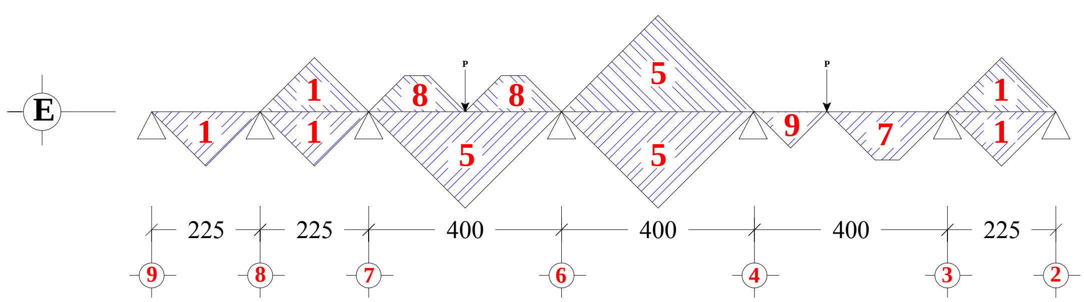
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 2035,55) + (1,6 . 501,25)

= 3244,66 kg/m

5. Pembebanan Balok Portal As E (2 – 9)



a. Pembebanan balok induk element 2 – 3 = 7 – 8

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,75 x 2)	= 606 kg/m
	qD	= 951,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,75 x 2) = 375 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 951,6) + (1,6 . 375)

= 1741,92 kg/m

b. Pembebanan balok induk element 3 – 4

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,79 + 0,5)	= 520,96 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	= 930,75 kg/m
	qD	= 1797,31 kg/m

Beban titik : P1 = 1936,51 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,79 + 0,5) = 422,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 1797,31) + (1,6 . 422,5)

= 2832,77 kg/m

c. Pembebanan balok induk element 4 – 6

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 1,33)	= 1074,64	kg/m
	qD	= 1420,24	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2 x 1,33) = 665 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 1420,24) + (1,6 . 655)

= 2768,29 kg/m

d. Pembebanan balok induk element 6 – 7

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 1,33 + (2 x 0,61)	= 1030,2	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	= 930,75	kg/m
	qD	= 2326,55	kg/m

Beban titik : P1 = 12186,43 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 1,33 + (2 x 0,61) = 637,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 2326,55) + (1,6 . 637,5)

= 3811,86 kg/m

e. Pembebanan balok induk element 8 – 9

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 0,75	= 303 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	= 255 kg/m
	qD	= 903,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 0,75 = 187,5 kg/m

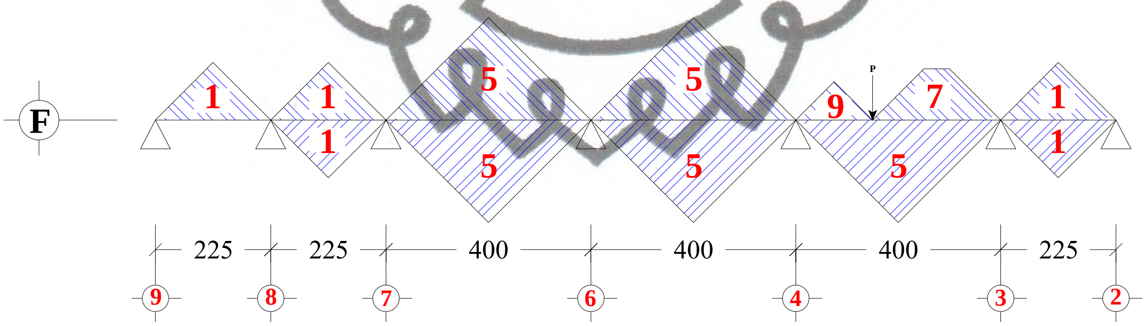
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 903,6) + (1,6 . 187,5)

= 1384,32 kg/m

6. Pembebanan Balok Portal As F (2 – 9) = As K (2 – 9)



a. Pembebanan balok induk element 2 – 3 = 7 – 8

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,75 x 2)	= 606 kg/m
	qD	= 951,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,75 x 2) = 375 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 951,6) + (1,6 . 375)

= 1741,92 kg/m

b. Pembebanan balok induk element 3 – 4

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400 =	345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x [(0,79 + 0,5) + 1,33]=	1058,48 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700 =	930,75 kg/m
	qD =	2334,83 kg/m

Beban titik : P1 = 1936,51 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,79 + 0,5) = 422,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 2334,83) + (1,6 . 422,5)

= 3477,79 kg/m

c. Pembebanan balok induk element 4 – 7

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400=	345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 1,33) =	1074,64 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700 =	930,75 kg/m
	qD =	2350,99 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2 x 1,33) = 665 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 2350,99) + (1,6 . 665)

= 3885,108 kg/m

d. Pembebanan balok induk element 8 – 9

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 0,75	= 303	kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	= 255	kg/m
	qD	= 903,6	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 0,75 = 187,5 kg/m

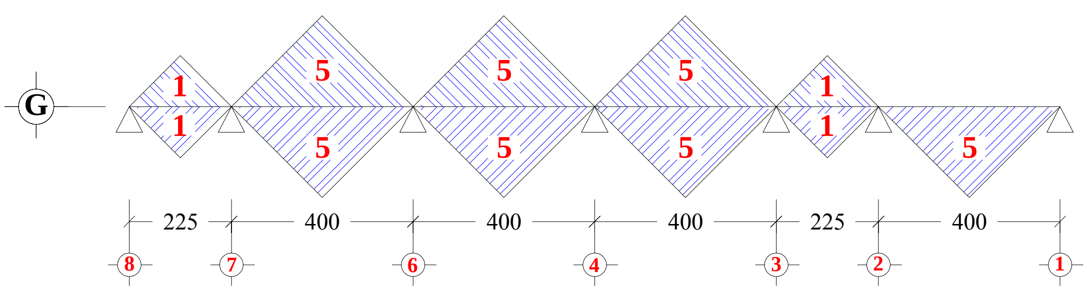
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 903,6) + (1,6 . 187,5)

= 1384,32 kg/m

7. Pembebanan Balok Portal As G (1 – 8) = J (1 – 8)



a. Pembebanan balok induk element 1 – 2

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,25 x (0,4 – 0,12) x 2400	= 168	kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 1,33	= 537,32	kg/m
	qD	= 705,32	kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 1,33 = 332,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 705,32) + (1,6 . 332,5)

= 1378,38 kg/m

b. Pembebanan balok induk element 2 – 3 = 7 – 8

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400=	345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,75 x 2)	= 606 kg/m
	qD	= 951,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,75 x 2) = 375 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 951,6) + (1,6 . 375)

= 1741,92 kg/m

c. Pembebanan balok induk element 3 – 6

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400=	345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 1,33)	= 1074,64 kg/m
	qD	= 1420,24 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2 x 1,33) = 665 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 1420,24) + (1,6 . 665)

= 2768,29 kg/m

d. Pembebanan balok induk element 6 – 7

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 1,33)	= 1074,64 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	= 930,75 kg/m
	qD	= 2350,99 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2 x 1,33) = 665 kg/m

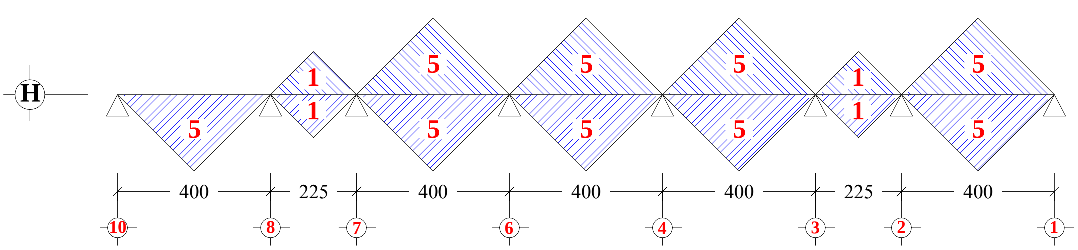
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 2350,99) + (1,6 . 665)

= 3885,108 kg/m

8. Pembebanan Balok Portal As H (1 – 10) = I (1 – 10)



a. Pembebanan balok induk element 1 – 2

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,25 x (0,4 – 0,12) x 2400	= 168 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 1,33)	= 1074,64 kg/m
	qD	= 1242,64 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 1,33 = 332,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 1242,64) + (1,6 . 332,5)

= 2023,17 kg/m

b. Pembebanan balok induk element 2 – 3 = 7 – 8

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,75 x 2)	= 606 kg/m
	qD	= 951,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,75 x 2) = 375 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 951,6) + (1,6 . 375)

= 1741,92 kg/m

c. Pembebanan balok induk element 3 – 7

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 1,33)	= 1074,64 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	= 930,75 kg/m
	qD	= 2350,99 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2 x 1,33) = 665 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 2350,99) + (1,6 . 665)

= 3885,108 kg/m

d. Pembebanan balok induk element 8 – 10

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,25 x (0,4 – 0,12) x 2400	=	168 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 1,33	=	537,32 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	=	255 kg/m
		qD =	960,32 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 1,33 = 332,5 kg/m

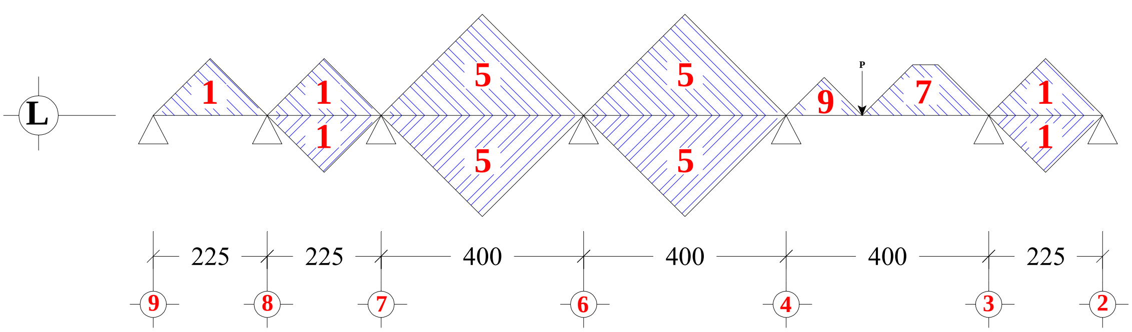
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 960,32) + (1,6 . 332,5)

= 1684,38 kg/m

9. Pembebanan Balok Portal As L (2 – 9)



a. Pembebanan balok induk element 2 – 3 = 7 – 8

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	=	345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,75 x 2)	=	606 kg/m
		qD =	951,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,75 x 2) = 375 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 951,6) + (1,6 . 375)

= 1741,92 kg/m

b. Pembebanan balok induk element 3 – 4

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (0,79 + 0,5)	= 520,96 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	= 930,75 kg/m
	qD	= 1797,31 kg/m

Beban titik : P1 = 1936,51 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,79 + 0,5) = 422,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 1797,31) + (1,6 . 422,5)

= 2832,77 kg/m

c. Pembebanan balok induk element 4 – 6

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	= 345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 1,33)	= 1074,64 kg/m
	qD	= 1420,24 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2 x 1,33) = 665 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 1420,24) + (1,6 . 655)

= 2768,29 kg/m

d. Pembebanan balok induk element 4 – 7

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	=	345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2 x 1,33)	=	1074,64 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	=	930,75 kg/m
	qD	=	2350,99 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2 x 1,33) = 665 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 2350,99) + (1,6 . 665)

= 3885,108 kg/m

e. Pembebanan balok induk element 8 – 9

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	=	345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x 0,75	=	303 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x 1 x 1700	=	255 kg/m
	qD	=	903,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x 0,75 = 187,5 kg/m

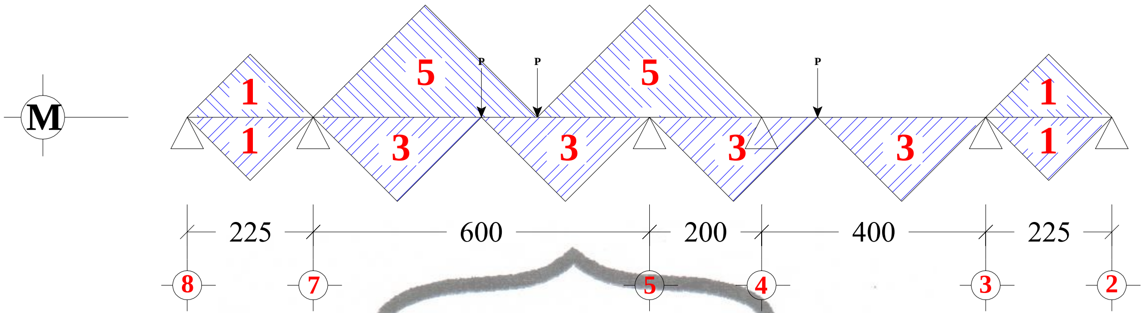
Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 903,6) + (1,6 . 187,5)

= 1384,32 kg/m

10. Pembebanan Balok Portal As M (2 – 8)



a. Pembebanan balok induk element 2 – 3 = 7 – 8

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok = 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400 = 345,6 kg/m

Berat pelat lantai = 404 x (0,75 x 2) = 606 kg/m

qD = 951,6 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (0,75 x 2) = 375 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 951,6) + (1,6 . 375)

= 1741,92 kg/m

b. Pembebanan balok induk element 3 – 4

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok = 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400 = 345,6 kg/m

Berat pelat lantai = 404 x [1 + (1/3. 1)] = 537,32 kg/m

qD = 882,92 kg/m

Beban titik : P1 = 2199,67 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x [1 + (1/3. 1)] = 332,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 882,92) + (1,6 . 332,5)

= 1591,94 kg/m

c. Pembebanan balok induk element 4 – 5

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	=	345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x (2/3 . 1)+(1/2 . 1,33)	=	535,3 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	=	930,75 kg/m
	qD	=	1811,65 kg/m

Beban hidup (qL)

qL = 250 x (2/3 . 1)+(1/2 . 1,33) = 332,5 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 1811,65) + (1,6 . 332,5)

= 2705,98 kg/m

d. Pembebanan balok induk element 5 – 7

Beban Mati (qD)

Beban sendiri balok	= 0,30 x (0,6 – 0,12) x 2400	=	345,6 kg/m
Berat pelat lantai	= 404 x [1+0,67+(1/2.0,67)]	=	810,2 kg/m
Berat dinding	= 0,15 x (4 - 0,35) x 1700	=	930,75 kg/m
	qD	=	2035,55 kg/m

Beban titik : P1 = 7558,24 kg

P2 = 2199,67 kg

Beban hidup (qL)

qL = 250 x [1+0,67+(1/2.0,67)] = 501,25 kg/m

Beban berfaktor (qU1)

qU1 = 1,2 qD + 1,6 qL

= (1,2 . 2035,55) + (1,6 . 501,25)

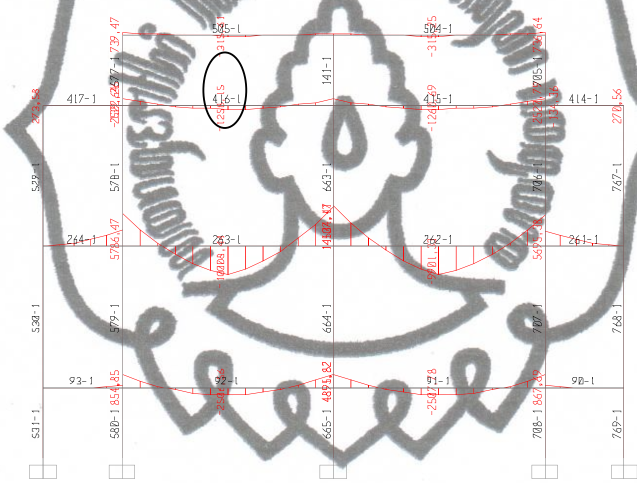
= 3244,66 kg/m

7.3. Penulangan Balok Portal

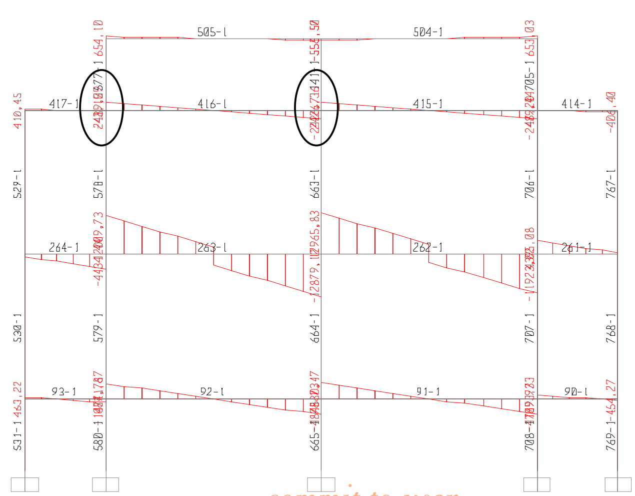
7.3.1. Perhitungan Tulangan Lentur Rink Balk

Momen dan gaya geser terbesar ringbalk terletak pada As B (5 – 7)

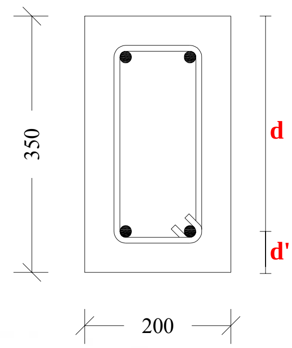
Bidang momen Ring balk As B (2 – 8)



Bidang gaser Ring balk As B (2 – 8)



Data perencanaan :



h = 350 mm $Ø_t$ = 16 mm

b = 200 mm $Ø_s$ = 8 mm

p = 40 mm d = h - p - $Ø_s$ - ½.$Ø_t$

fy = 360 Mpa = 350 – 40 – 8 - ½.16

f'c= 25 Mpa = 294 mm

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{360}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$$= 0{,}03136$$

$$\rho_{max} = 0{,}75\ .\ \rho b$$

$$= 0{,}0235$$

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

a. Daerah Tumpuan :

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada **batang nomor 416.**

Mu = 1258,15 kgm = 1,258 × 10^7 Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{1{,}258\times10^7}{0{,}8} = 1{,}573\times10^7\ \text{Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b\,.\,d^2} = \frac{1{,}573\times10^7}{200\times294^2} = 0{,}910$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85\times25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\times16{,}94\times0{,}910}{360}}\right) = 0{,}0026$$

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

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

As perlu $= \rho_{min} \cdot b \cdot d$

$= 0{,}0039 \cdot 200 \cdot 294$

$= 229{,}32\ mm^2$

$$n = \frac{As\ perlu}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2}$$

$$= \frac{229{,}32}{200{,}96} = 1{,}142 \sim 2 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 2 D 16 mm

As ada $= 2 \cdot ¼ \cdot \pi \cdot 16^2$

$= 2 \cdot ¼ \cdot 3{,}14 \cdot 16^2$

$= 401{,}92\ mm^2 >$ As perlu (229,32) $\rightarrow$ Aman..!!

$$a = \frac{As\ ada \cdot fy}{0{,}85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{401{,}92 \cdot 360}{0{,}85 \cdot 25 \cdot 200} = 34{,}04$$

Mn ada $=$ As ada . fy (d – a/2)

$= 401{,}92 \cdot 360\ (294 - 34{,}04/2)$

$= 4{,}008 \cdot 10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 2 D 16 mm

b. Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada **batang nomor 416.**

Mu $= 2522{,}26$ kgm $= 2{,}523 \times 10^7$ Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{2{,}523 \times 10^7}{0{,}8} = 3{,}154 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{3{,}154 \times 10^7}{200 \times 294^2} = 1{,}825$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85 \times 25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16{,}94 \times 1{,}825}{360}}\right)$$

$$= 0{,}0053$$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan $\rho = 0{,}0053$

As perlu $= \rho \ . \ b \ . \ d$

$= 0{,}0053 \ . \ 200 \ . \ 294$

$= 312{,}386 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.16^2}$$

$$= \frac{312{,}386}{200{,}96} = 1{,}554 \sim 2 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 2 D 16 mm

As ada $= 2. \ ¼ \ . \ \pi \ . \ 16^2$

$= 2. \ ¼ \ . \ 3{,}14 \ . \ 16^2$

$= 401{,}92 \text{ mm}^2 >$ As perlu (312,386) $\rightarrow$ Aman..!!

$$a = \frac{\text{As ada} . fy}{0{,}85 . f'c . b} = \frac{401{,}92 . 360}{0{,}85 . 25 . 200} = 34{,}04$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 401,92. 360 (294 – 34,04/2)

$= 4{,}008.10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 2 D 16 mm

7.3.2. Perhitungan Tulangan Geser Ring Balk

a. Daerah Tumpuan :

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser terbesar pada **batang nomor 416.**

Vu = 2489,09 kg = 24890,9 N

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 350 – 40 – ½ (8) = 306 mm

Vc = $1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

= $1/6 \times \sqrt{25} \times 200 \times 306$

= 51000 N

Ø Vc = 0,6 × 51000 N

= 30600 N

3 Ø Vc = 3 × 30600 N

= 91800 N

Syarat tulangan geser : Ø Vc < Vu < 3Ø Vc

: 30600 N > 24890,9 N < 106800 N

tidak perlu tulangan geser

$s_{max} = d/2 = \frac{306}{2} = 153$ mm ~ 150 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan **Ø 8 – 150 mm**

b. Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser terbesar pada **batang nomor 416.**

Vu = 1607,41 kg = 16074,1 N

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 350 – 40 – ½ (8) = 306 mm

Vc $= 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

$= 1/6 \times \sqrt{25} \times 200 \times 306$

$= 51000$ N

Ø Vc $= 0,6 \times 51000$ N

$= 30600$ N

3 Ø Vc $= 3 \times 30600$ N

$= 91800$ N

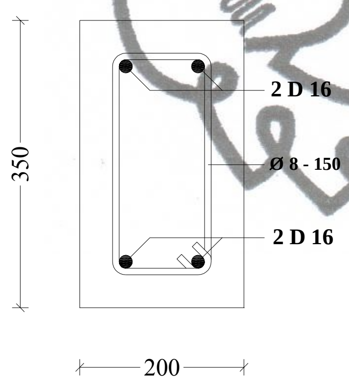
Syarat tulangan geser : Ø Vc < Vu < 3Ø Vc

: 30600 N > 16074,1 N < 106800 N

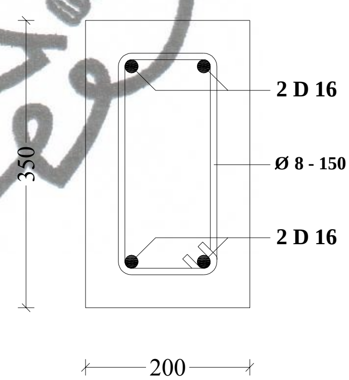
tidak perlu tulangan geser

$s_{max} = d/2 = \frac{306}{2} = 153$ mm ~ 150 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan **Ø 8 – 150 mm**



POT. TUMPUAN

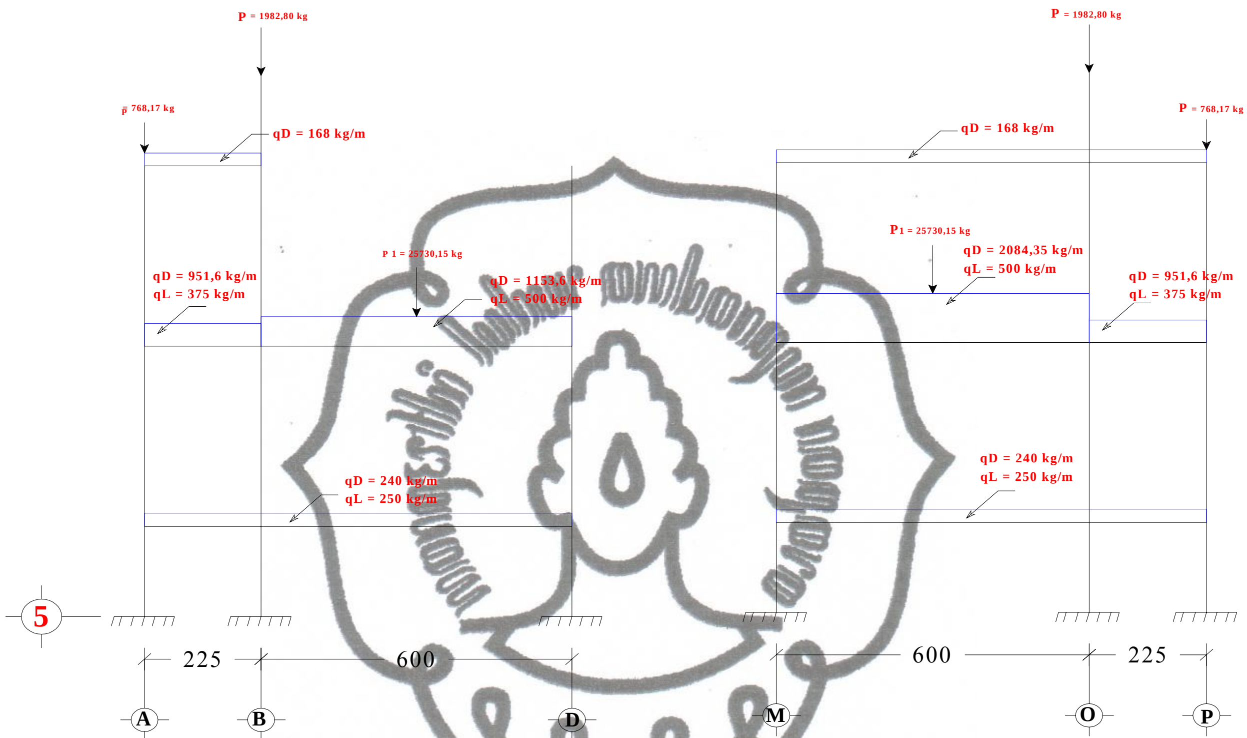


POT. LAPANGAN

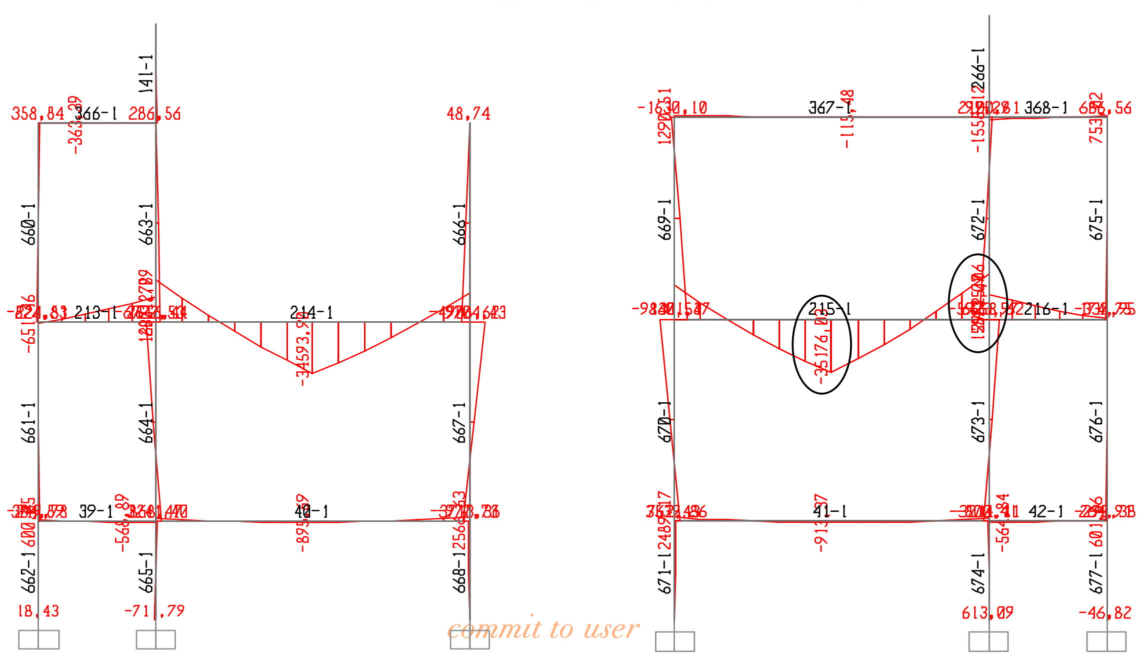
7.3.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Portal Memanjang Tipe 1

Momen dan gaya geser terbesar balok portal memanjang terletak pada As 5(M - O)

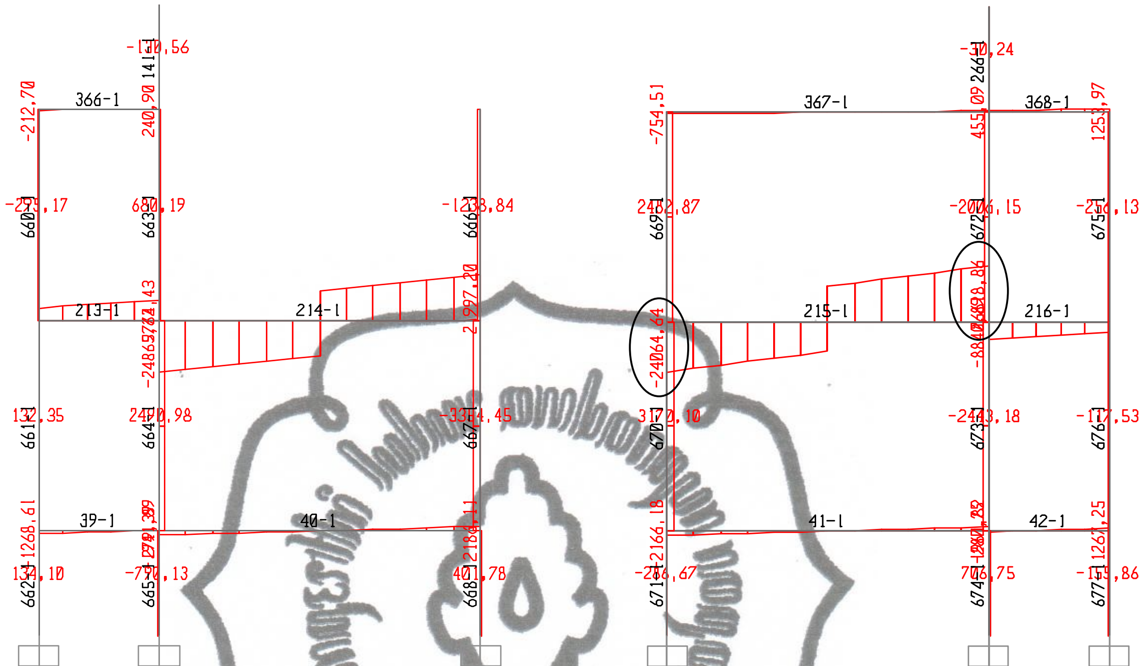
Pembebanan balok portal memanjang As 5 (A – P)



Bidang momen balok portal As 5 (A – P)



Bidang geser balok portal As 5 (A – P)



Data perencanaan :

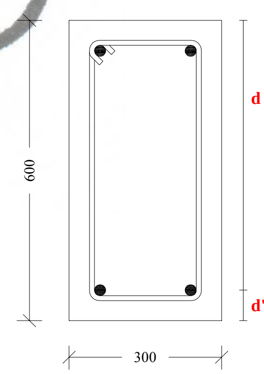
h = 600 mm $\quad$ $Ø_t$ = 22 mm

b = 300 mm $\quad$ $Ø_s$ = 10 mm

p = 40 mm $\quad$ d = h - p - 1/2 $Ø_t$ - $Ø_s$

fy = 360 Mpa $\quad$ = 600 – 40 – ½ . 22 - 10

f'c= 25 MPa $\quad$ = 539 mm



$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{360}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$$= 0{,}03136$$

$$\rho_{max} = 0{,}75\ .\ \rho b$$

$$= 0{,}0235$$

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

a. Daerah Tumpuan :

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada **batang nomor 215**,

$Mu = 29825{,}06 \text{ kgm} = 29{,}825 \,.\, 10^7$ Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{29{,}825.10^7}{0{,}8} = 37{,}28 \,.\, 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b\,.\,d^2} = \frac{37{,}28.10^7}{300\,.\,539^2} = 4{,}27$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\times 16{,}94\times 4{,}27}{360}}\right)$$

$= 0{,}013$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan $\rho = 0{,}013$

As perlu $= \rho \,.\, b \,.\, d$

$= 0{,}013 \,.\, 300 \,.\, 539$

$= 2102{,}1 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.22^2}$$

$$= \frac{2102{,}1}{379{,}94} = 5{,}533 \sim 6 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 6 D 22 mm

As ada $= 6.\ ¼ \,.\, \pi \,.\, 22^2$

$= 6.\ ¼ \,.\, 3{,}14 \,.\, 22^2$

$= 2278{,}44 \text{ mm}^2 >$ As perlu (2102,1) $\rightarrow$ Aman..!!

$$a = \frac{As\ \ ada \,.\, fy}{0{,}85 \,.\, f'c \,.\, b} = \frac{2278{,}44 \,.\, 360}{0{,}85 \,.\, 25 \,.\, 300} = 128{,}66$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 2278,44. 360 (539 – 128,66/2)

= 38,770.10^7 Nmm

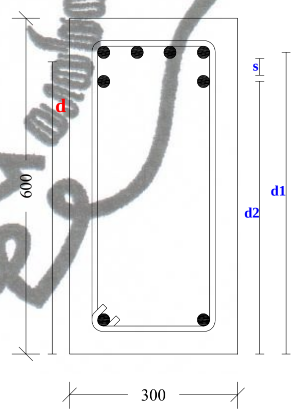
Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

$$\text{Cek jarak} = \frac{b - 2\,p - 2\phi s - \phi t}{(n - 1)}$$

$$= \frac{300 - 2.40 - 2.10 - 6.22}{(6 - 1)}$$

= 13,6 mm < 25 mm (dipakai tulangan dua lapis)

Di pakai d



d1 = 539 mm

d2 = d1 – s – (2 x ½ Ø)

= 539 – 30 – (2 x ½.22)

= 487 mm

d x 7 = (d1 x 5) + (d2 x 2)

$$d = \frac{(539 \text{ x } 4) + (487 \text{ x } 2)}{6}$$

= 522 mm

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 2278,44. 360 (522 – 128,66/2)

= 37,375.10^7 Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 6 D 22 mm

b. Daerah Lapangan :

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada **batang nomor 215**,

Mu = 35176,03 kgm = $35{,}176 \cdot 10^7$ Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{35{,}176.10^7}{0{,}8} = 43{,}97 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{43{,}97.10^7}{300 \cdot 539^2} = 5{,}04$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{350}{0{,}85.30} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16{,}94 \times 5{,}04}{360}}\right)$$

$$= 0{,}0165$$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan $\rho = 0{,}0165$

As perlu = $\rho \cdot b \cdot d$

= 0,0165 . 300 . 539

= 2668,05 mm^2

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2}$$

$$= \frac{2668{,}05}{379{,}94} = 7{,}02 \sim 8 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 8 D 22 mm

As ada = 8. ¼ . π . 22^2

= 8. ¼ . 3,14 . 22^2

= 3039,52 mm^2 > As perlu (2668,05) → Aman..!!

$$a = \frac{As\ ada\ .\ fy}{0,85\ .\ f'c\ .\ b} = \frac{3039,05\ .\ 360}{0,85\ .\ 25\ .\ 300} = 171,64$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 3039,05. 360 (539 – 171,64/2)

= 49,583.10^7 Nmm

Mn ada > Mn → Aman..!!

$$\text{Cek jarak} = \frac{b - 2\,p - 2\phi s - \phi t}{(n-1)}$$

$$= \frac{300 - 2.40 - 2.10 - 8.22}{(8-1)}$$

= 3 mm < 25 mm (dipakai tulangan dua lapis)

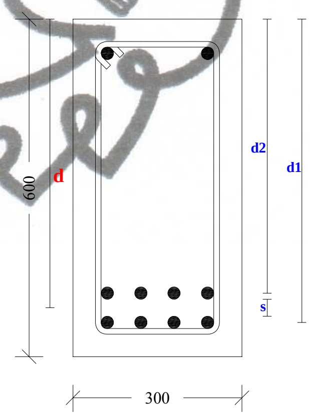
Di pakai d

d1 = 539 mm

d2 = d1 – s – (2 x ½ Ø)

= 539 – 30 – (2 x ½.22)

= 487 mm



d x 7 = (d1 x 4) + (d2 x 4)

$$d = \frac{(539 \times 4) + (487 \times 4)}{8}$$

= 513 mm

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 3039,05. 360 (513 – 171,64/2)

= 46,738.10^7 Nmm

Mn ada > Mn → Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 8 D 22 mm

7.3.4. Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal Memanjang Tipe 1

a. Daerah Tumpuan :

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser terbesar pada **batang nomor 215**,

Vu = 26618,86 kg = 266188,6 N

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 600 – 40 – ½ (10) = 555 mm

Vc = $1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

= $1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 300 \cdot 555$

= 138750 N

Ø Vc = 0,6 . 138750 N

= 83250 N

3 Ø Vc = 3 . 83250

= 249750 N

Syarat tulangan geser : Ø Vc < Vu < 3Ø Vc

: 83250 N < 249750 N < 266188,6 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu – Ø Vc

= 266188,6 – 83250 = 182938,6 N

Vs perlu $= \dfrac{\phi Vs}{0,6} = \dfrac{182938,6}{0,6} = 304897,67$ N

Digunakan sengkang ∅ 10

Av = $2 \cdot \frac{1}{4} \pi (10)^2$

= $2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 100 = 157 \text{ mm}^2$

s $= \dfrac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs\ perlu} = \dfrac{157.240.555}{304897,67} =$ 68,58 mm ~ 60 mm

s_{max} $= d/2 = \dfrac{555}{2} = 277$ mm ~ 270 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 10 – 60 mm

b. Daerah Lapangan :

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser terbesar pada **batang nomor 215**,

Vu = 21667,03 kg = 216670,3 N

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 600 – 40 – ½ (10) = 555 mm

Vc $= 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

$= 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 300 \cdot 555$

= 138750 N

Ø Vc = 0,6 . 138750 N

= 83250 N

3 Ø Vc = 3 . 83250

= 249750 N

Syarat tulangan geser : Ø Vc < Vu < 3Ø Vc

: 83250 N < 216670,3 N < 249750 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu – Ø Vc

= 216670,3 – 83250 = 133420,33 N

Vs perlu $= \dfrac{\phi Vs}{0,6} = \dfrac{133420,33}{0,6} = 262327,33$ N

Digunakan sengkang ∅ 10

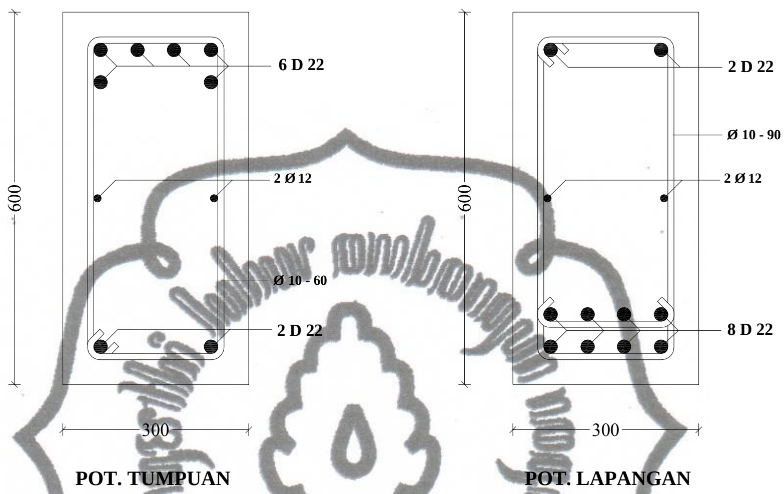
Av $= 2 \cdot ¼\, \pi\, (10)^2$

$= 2 \cdot ¼ \cdot 3,14 \cdot 100 = 157\ mm^2$

$s = \dfrac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs\ perlu} = \dfrac{157.240.555}{222367,167} = 94,04$ mm ~ 90 mm

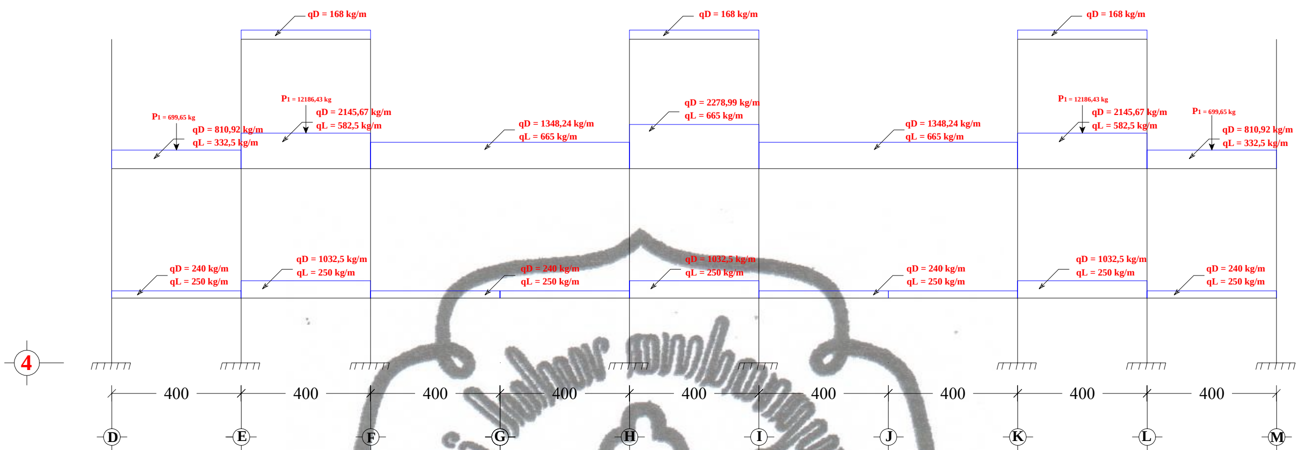
s_{max} $= d/2 = \dfrac{555}{2} = 277$ mm ~ 270 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 10 – 90 mm

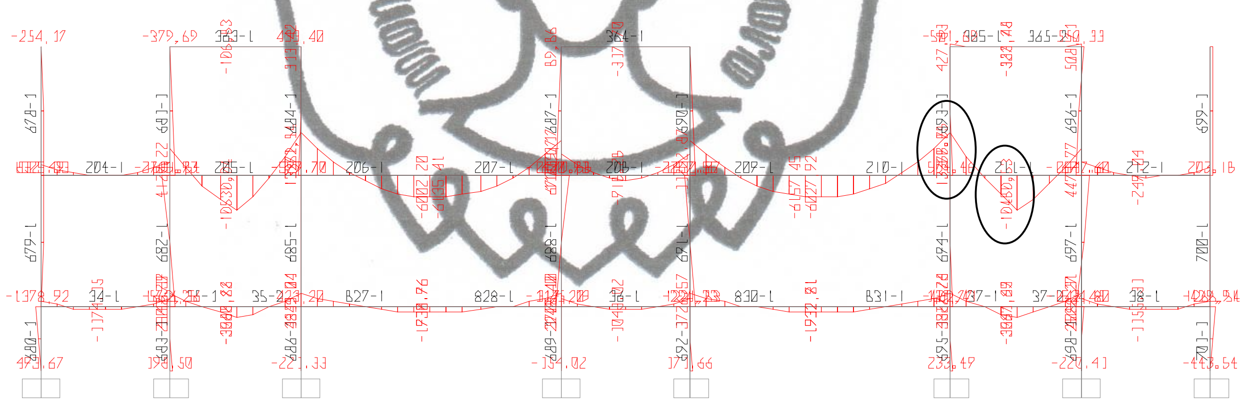


7.3.5. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Portal Memanjang Tipe 2

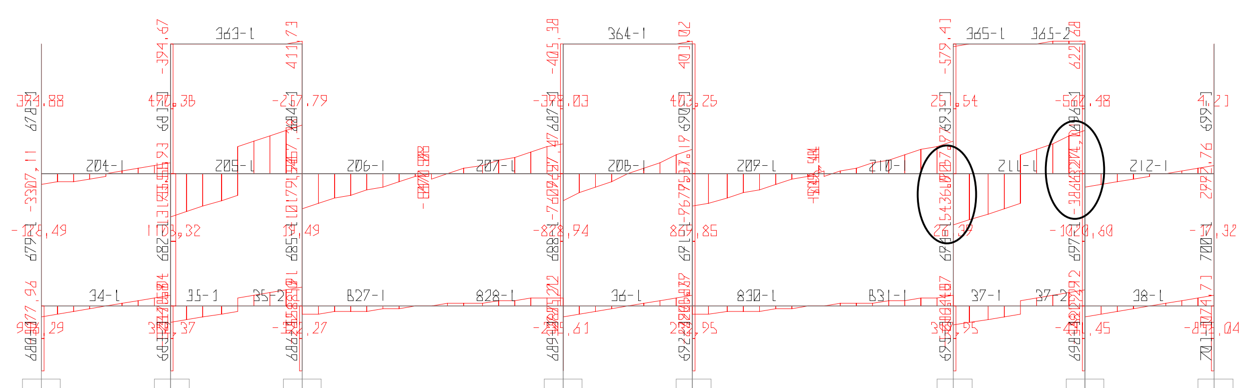
Pembebanan balok portal As 4 (D – M)



Bidang momen balok portal As 4 (D – M)

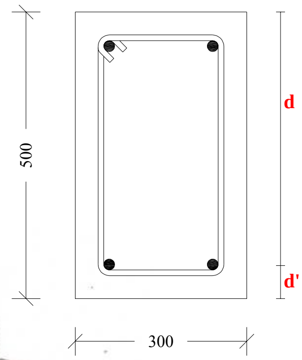


Bidang geser balok portal As 4 (D – M)



Momen dan gaya geser terbesar balok portal memanjang terletak pada As 4 (K – L)

Data perencanaan :



h = 500 mm $\quad$ $Ø_t$ = 19 mm

b = 300 mm $\quad$ $Ø_s$ = 10 mm

p = 40 mm $\quad$ d = h - p - 1/2 $Ø_t$ - $Ø_s$

fy = 360 Mpa $\quad$ = 500 – 40 – ½ . 19 - 10

f'c = 25 MPa $\quad$ = 440,5 mm

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{360}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$$= 0{,}03136$$

$$\rho_{max} = 0{,}75\ .\ \rho b$$

$$= 0{,}0235$$

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

a. Daerah Tumpuan :

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada **batang nomor 211**,

Mu = 13379,71 kgm = 13,379 . 10^7 Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{13{,}379.10^7}{0{,}8} = 16{,}724\ .\ 10^7\ \text{Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{16{,}724.10^7}{300.440{,}5^2} = 2{,}875$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\times 16{,}94\times 2{,}875}{360}}\right)$$

= 0,0086

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan ρ = 0,0086

As perlu = ρ. b . d

= 0,0086. 300. 440,5

= 1138,919 mm^2

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.19^2}$$

$$= \frac{1138{,}919}{283{,}385} = 4{,}020 \sim 5 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 5 D19 mm

As ada = 5. ¼ . π . 19^2

= 5 . ¼ . 3,14 . 19^2

= 1415,925 mm^2 > As perlu (1138,919) $\rightarrow$ Aman..!!

$$a = \frac{\text{As ada . fy}}{0{,}85 \,.\, f'c \,.\, b} = \frac{1416{,}925 \,.\, 360}{0{,}85 \,.\, 25 \,.\, 300} = 80{,}02$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 1416,925. 360 (440,5 – 80,02/2)

= 20,429.10^7 Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

$$\text{Cek jarak} = \frac{b - 2\,p - 2\phi s - \phi t}{(n - 1)}$$

$$= \frac{300 - 2.40 - 2.10 - 5.19}{(5 - 1)}$$

= 26,25 mm > 25 mm (dipakai tulangan satu lapis)

Jadi dipakai tulangan 5 D 19 mm

b. Daerah Lapangan :

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada **batang nomor 206**,

Mu = 10480,53 kgm = 10,481 . 10^7 Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{10,481.10^7}{0,8} = 13,101 \,.\, 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b\,.\,d^2} = \frac{13,101.10^7}{300\,.\,440,5^2} = 2,24$$

$$m = \frac{fy}{0,85.f'c} = \frac{360}{0,85.25} = 16,94$$

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

$$= \frac{1}{16,94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\times 16,94\times 2,24}{360}}\right)$$

$= 0,0066$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan $\rho = 0,0066$

As perlu = ρ . b . d

= 0,0066. 300. 440,5

= 873,69 mm^2

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.19^2}$$

$$= \frac{873,69}{283,385} = 3,083 \sim 4 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 4 D 19 mm

As ada = 4 . ¼ . π . 19^2

= 4 . ¼ . 3,14 . 19^2

= 1133,54 mm^2 > As perlu (873,69) $\rightarrow$ Aman..!!

$$a = \frac{As\ ada\ .\ fy}{0,85\ .\ f'c\ .\ b} = \frac{1133,54\ .\ 360}{0,85\ .\ 25\ .\ 300} = 64,02$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 1133,54. 360 (440,5 – 64,02/2)

= 16,669.10^7 Nmm24,024

Mn ada > Mn → Aman..!!

$$\text{Cek jarak} = \frac{b - 2\,p - 2\phi s - \phi t}{(n-1)}$$

$$= \frac{300 - 2.40 - 2.10 - 4.19}{(4-1)}$$

= 41,33 mm > 25 mm (dipakai tulangan satu lapis)

Jadi dipakai tulangan 4 D 19 mm

7.3.6. Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal Memanjang Tipe 2

a. Daerah Tumpuan :

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser terbesar pada **batang nomor 211**,

Vu = 15436,92 kg = 154369,2 N

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 600 – 40 – ½ (10) = 555 mm

Vc = $1/6\ .\ \sqrt{f'c}\ .b\ .\ d$

= $1/6\ .\sqrt{25}\ .\ 300.\ 455$

= 113750 N

Ø Vc = 0,6 . 113750 N

= 68250 N

3 Ø Vc = 3 . 68250

= 204750 N

Syarat tulangan geser : Ø Vc < Vu < 3Ø Vc

: 68250 N < 154369,2 N < 204750 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu – Ø Vc

= 154369,2 – 68250 = 86119,2 N

Vs perlu $= \dfrac{\phi Vs}{0,6} = \dfrac{86119,2}{0,6} = 143532$ N

Digunakan sengkang ∅ 10

Av = 2 . ¼ π $(10)^2$

= 2 . ¼ . 3,14 . 100 = 157 mm^2

$s = \dfrac{Av\,.\,fy\,.\,d}{Vs\ perlu} = \dfrac{157.240.455}{143532} = 120{,}031$ mm ~ 120 mm

s_{max} = d/2 = $\dfrac{455}{2}$ = 227,5 mm ~ 220 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 10 – 120 mm

b. Daerah Lapangan :

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser terbesar pada **batang nomor 211**,

Vu = 11930,12 kg = 119301,2 N

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 600 – 40 – ½ (10) = 555 mm

Vc = $1/6\,.\,\sqrt{f'c}\,.b\,.\,d$

= $1/6\,.\sqrt{25}\,.\,300.\,455$

= 113750 N

Ø Vc = 0,6 . 113750 N

= 68250 N

3 Ø Vc = 3 . 68250

= 204750 N

Syarat tulangan geser : Ø Vc < Vu < 3Ø Vc

: 68250 N < 119301,2 N < 204750 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu – Ø Vc

= 119301,2 – 68250 = 51051,2 N

$$\text{Vs perlu} = \frac{\phi Vs}{0{,}6} = \frac{51051{,}2}{0{,}6} = 85085{,}33 \text{ N}$$

Digunakan sengkang ∅ 10

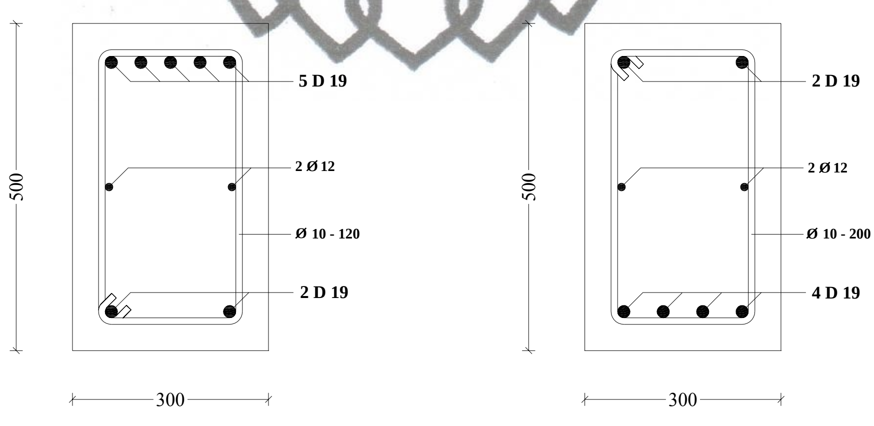
Av = 2 . ¼ π (10)^2

= 2 . ¼ . 3,14 . 100 = 157 mm^2

$$s = \frac{Av \,.\, fy \,.\, d}{\text{Vs perlu}} = \frac{157.240.455}{85085{,}33} = 201{,}496 \text{ mm} \sim 200 \text{ mm}$$

$$s_{max} = d/2 = \frac{455}{2} = 227{,}5 \text{ mm} \sim 220 \text{ mm}$$

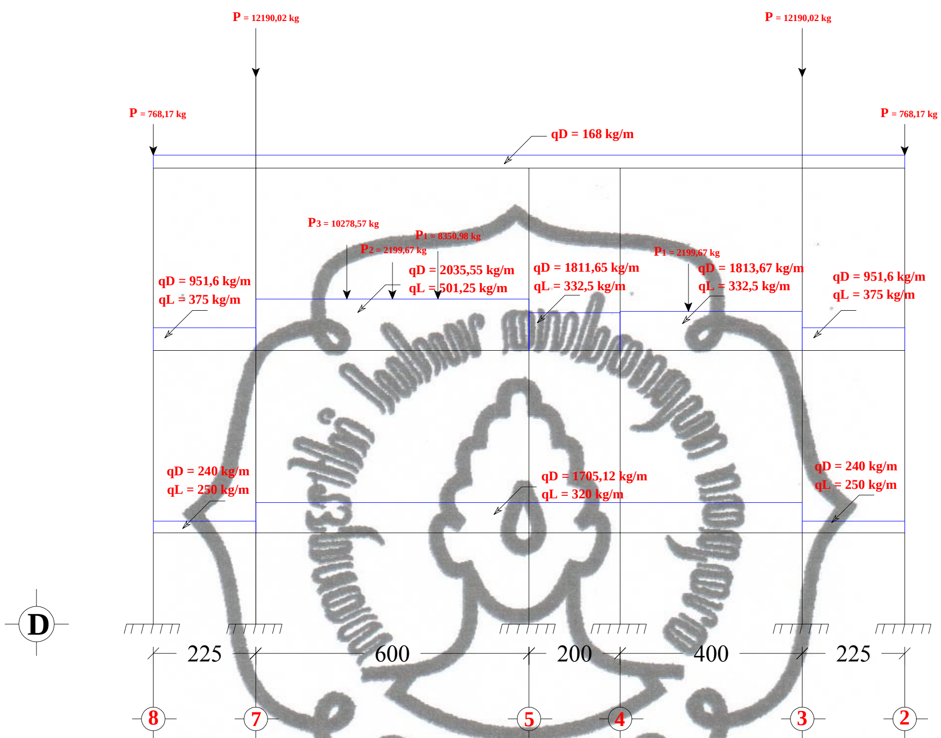
Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 10 – 200 mm



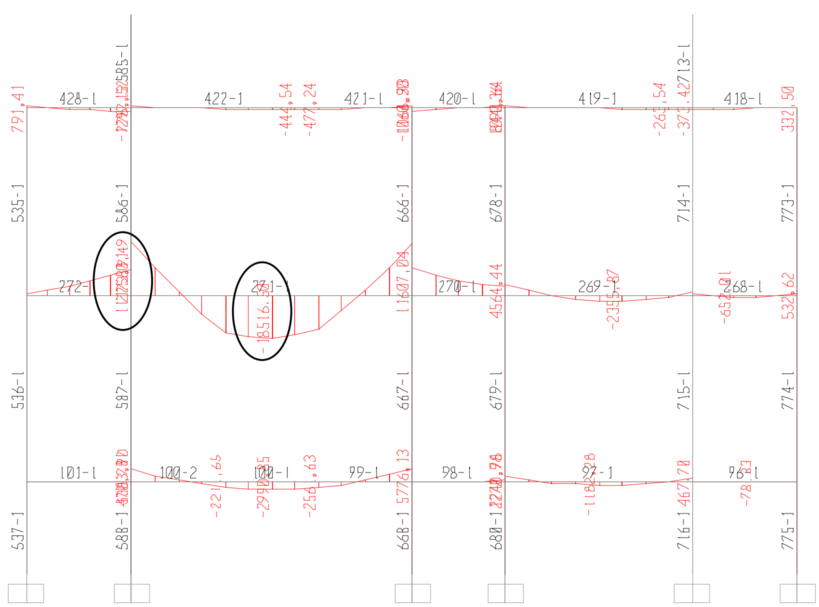
POT. TUMPUAN **POT. LAPANGAN**

7.3.7. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Portal Melintang

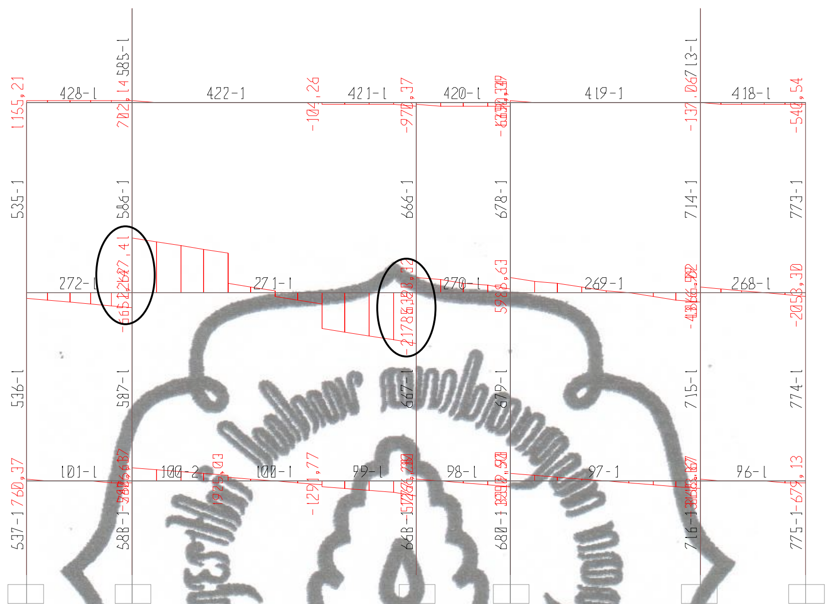
Pembebanan balok portal As D (2 – 8)



Bidang momen balok portal As D (2 – 8)

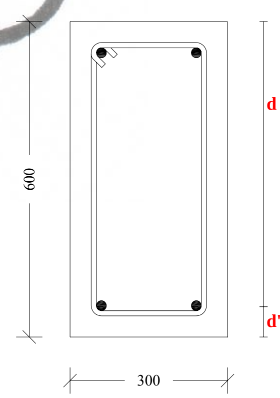


Bidang geser balok portal melintang As D (2 – 8)



Momen dan gaya geser terbesar balok portal melintang terletak pada As D (5 – 7)

Data perencanaan :



h = 600 mm Ø_t = 19 mm

b = 300 mm Ø_s = 10 mm

p = 40 mm d = h - p – Ø_s – ½ Ø_t

fy = 360 Mpa = 600 – 40 – 10 – ½ 19

f'c =25 Mpa = 540,5 mm

$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{360}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$$= 0{,}03136$$

$$\rho_{max} = 0{,}75\ .\ \rho b$$

$$= 0{,}0235$$

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

a. Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada **batang nomor 271**,

Mu $= 22580{,}49$ kgm $= 22{,}581 \,.\, 10^7$ Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{22{,}581.10^7}{0{,}8} = 28{,}326 \,.\, 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b\,.\,d^2} = \frac{28{,}226.10^7}{300\,.\,540{,}5^2} = 3{,}221$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16{,}94 \times 3{,}221}{360}}\right)$$

$$= 0{,}0098$$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan $\rho = 0{,}0098$

As perlu $= \rho.\ b\ .\ d$

$= 0{,}0098.\ 300.\ 540{,}5$

$= 1588{,}90$ mm^2

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.19^2}$$

$$= \frac{1588{,}90}{283{,}385} = 5{,}608 \sim 6 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 6 D 19 mm

As ada $= 6 . \frac{1}{4} . \pi . 19^2$

$= 6 . \frac{1}{4} . 3{,}14 . 19^2$

$= 1700{,}31 \text{ mm}^2 >$ As perlu (1588,90) $\rightarrow$ Aman..!!

$$a = \frac{\text{As ada} . fy}{0{,}85 . f'c . b} = \frac{1700{,}31 . 360}{0{,}85 . 25 . 300} = 96{,}02$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 1700,31 . 360 (540,5 – 96,02/2)

$= 30{,}144.10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

$$\text{Cek jarak} = \frac{b - 2\,p - 2\phi s - \phi t}{(n - 1)}$$

$$= \frac{300 - 2.40 - 2.10 - 6.19}{(6 - 1)}$$

= 14,33 mm < 25 mm (dipakai tulangan dua lapis)

Di pakai d

d1 = 540,5 mm

d2 = d1 – s – (2 x ½ Ø)

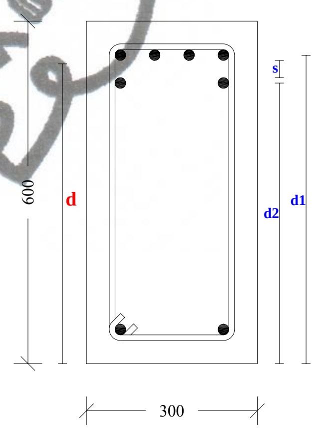
= 540,5 – 30 – (2 x ½.19)

= 491,5 mm

d x 6 = (d1 x 4) + (d2 x 2)

$$d = \frac{(540{,}5 x 4) + (491{,}5 x 2)}{6}$$

= 525 mm



Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 1700,31. 360 (525 – 96,02/2)

$= 29{,}136 .10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 6 D 19 mm

b. Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada **batang nomor 271**,

Mu = 18516,50 kgm = 18,517 . 10^7 Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{18{,}517.10^7}{0{,}8} = 23{,}146 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{23{,}146.10^7}{300.540{,}5^2} = 2{,}641$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\times 16{,}94\times 2{,}641}{360}}\right)$$

$= 0{,}0073$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan $\rho = 0{,}0073$

As perlu = ρ . b . d

= 0,0073. 300. 540,5

= 1177,321 mm^2

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.19^2}$$

$$= \frac{1177{,}321}{283{,}385} = 4{,}154 \sim 5 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 5 D 19 mm

As ada = 5 . ¼ . π . 19^2

= 5. ¼ . 3,14 . 19^2

= 1416,925 mm^2 > As perlu (1177,321) $\rightarrow$ Aman..!!

$$a = \frac{As\ ada \cdot fy}{0{,}85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{1416{,}925 \cdot 360}{0{,}85 \cdot 25 \cdot 300} = 80{,}02$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 1416,625 . 360 (540,5 – 80,02/2)

= 25,530.10^7 Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

$$\text{Cek jarak} = \frac{b - 2\,p - 2\phi s - \phi t}{(n-1)}$$

$$= \frac{300 - 2.40 - 2.10 - 5.19}{(5-1)}$$

= 26,25 mm > 25 mm (dipakai tulangan satu lapis)

Jadi dipakai tulangan 5 D 19 mm

7.3.8. Perhitungan Tulangan Geser Balok Portal Melintang

a. Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser terbesar pada **batang nomor 271**,

Vu = 22677,41 kg = 226774,1 N

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 600 – 40 – ½ (10) = 555 mm

Vc = 1/ 6 . $\sqrt{f'c}$ .b . d

= 1/ 6 . $\sqrt{25}$. 300. 555

= 138750 N

Ø Vc = 0,6 . 138750 N

= 83250 N

3 Ø Vc = 3 . 83250

= 249750 N

Syarat tulangan geser : Ø Vc < Vu < 3Ø Vc

: 83250 N < 226774,1 N < 249750 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu - Ø Vc

= 226774,1 – 83250 = 143524,1 N

Vs perlu $= \dfrac{\phi Vs}{0,6} = \dfrac{143524,1}{0,6} = 239206,83$ N

Digunakan sengkang ∅ 10

Av = 2 . ¼ π $(10)^2$

= 2 . ¼ . 3,14 . 100 = 157 mm^2

s $= \dfrac{Av . fy . d}{Vs\ perlu} = \dfrac{157.240.555}{239206,83} = 80,67$ mm ~ 80 mm

s_{max} = d/2 = $\dfrac{555}{2}$ = 277 mm ~ 270 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 10 – 80 mm

b. Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser terbesar pada **batang nomor 271**,

Vu = 17810,42 kg = 178104,2 N

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 600 – 40 – ½ (10) = 555 mm

Vc = 1/ 6 . $\sqrt{f'c}$ .b . d

= 1/ 6 . $\sqrt{25}$. 300. 555

= 138750 N

Ø Vc = 0,6 . 138750 N

= 83250 N

3 Ø Vc = 3 . 83250

= 249750 N

Syarat tulangan geser : Ø Vc < Vu < 3Ø Vc

: 83250 N < 178104,2 N < 249750 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu - Ø Vc

= 217856,1 – 83250 = 94854,2 N

Vs perlu $= \dfrac{\phi Vs}{0,6} = \dfrac{94854,2}{0,6} = 158090,33$ N

Digunakan sengkang ∅ 10

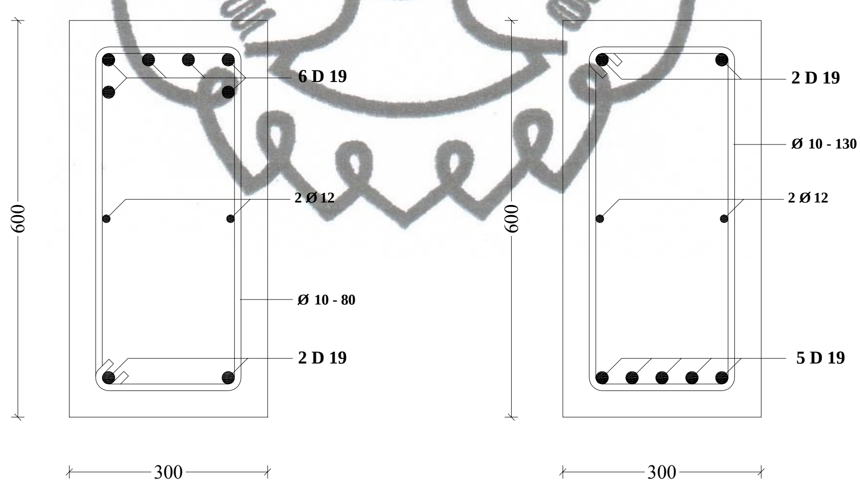
Av = 2 . ¼ π $(10)^2$

= 2 . ¼ . 3,14 . 100 = 157 mm^2

$s = \dfrac{Av.fy.d}{Vs\ perlu} = \dfrac{157.240.555}{158090,33} = 132,28$ mm ~ 1300 mm

s_{max} $= d/2 = \dfrac{555}{2} = 277$ mm ~ 270 mm

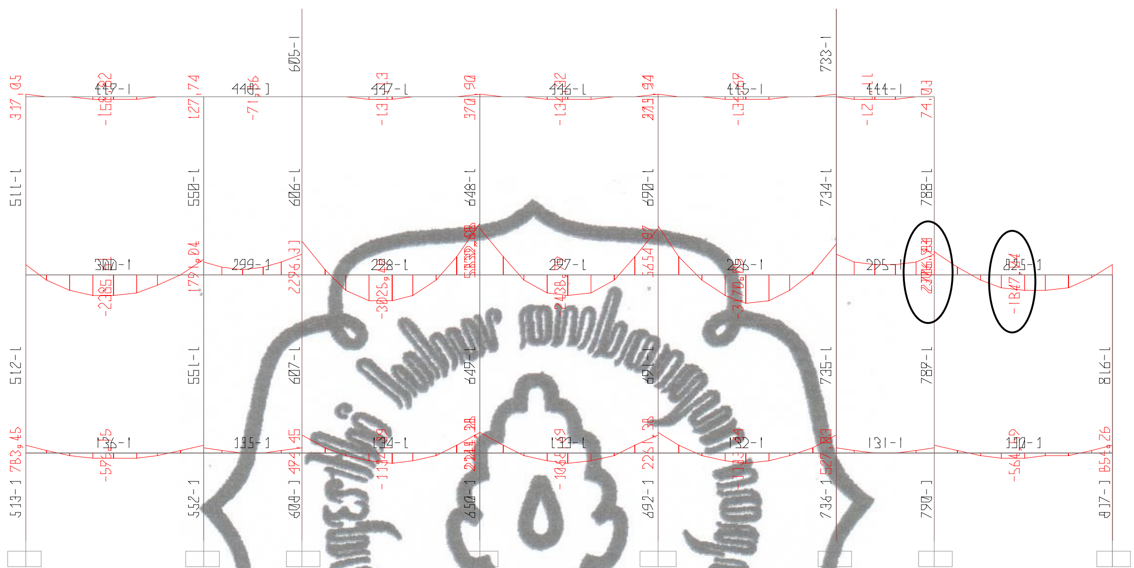
Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 10 – 130 mm



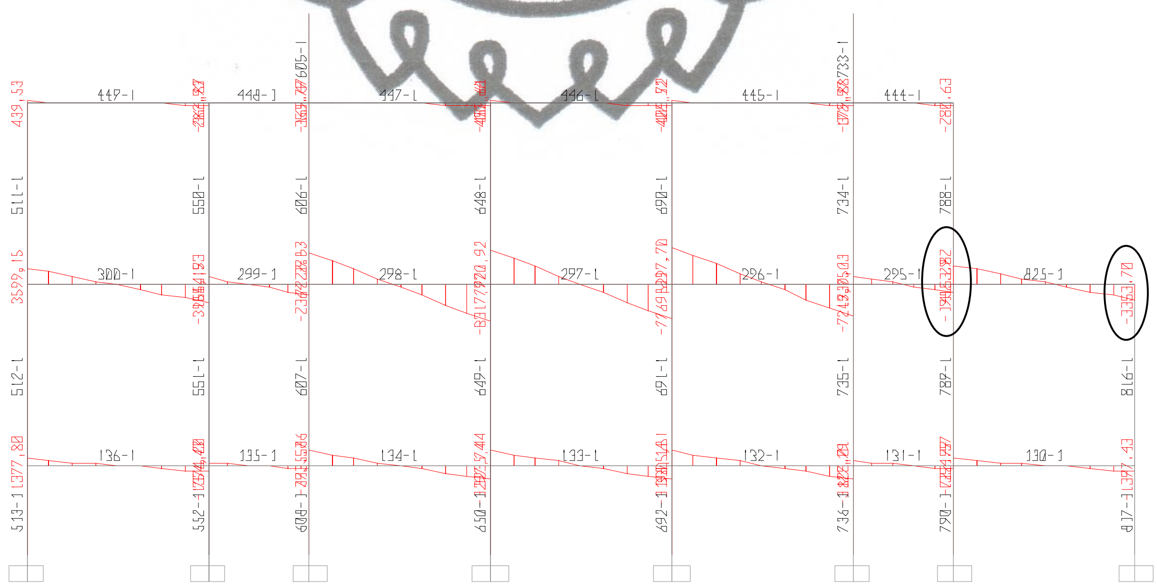
POT. TUMPUAN **POT. LAPANGAN**

7.3.9. Perhitungan Tulangan Lentur Balok Kanopi

Bidang momen balok kanopi As I (1 – 10)



Bidang geser balok kanopi As I (1 – 10)



Momen dan gaya geser terbesar balok kanopi terletak pada As I (1 – 2)

Data perencanaan :

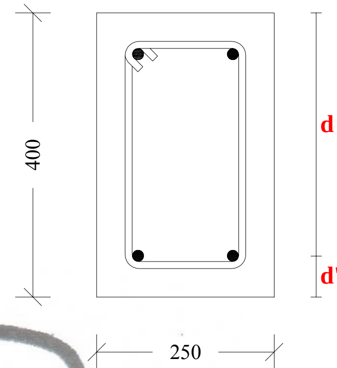
h = 400 mm $Ø_t$ = 16 mm

b = 250 mm $Ø_s$ = 8 mm

p = 40 mm   d = h - p - $Ø_s$ - ½.$Ø_t$

fy = 360 Mpa   = 400 – 40 – 8 - ½.16

f'c= 25 Mpa   = 344 mm



$$\rho b = \frac{0{,}85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0{,}85.25}{360}.0{,}85.\left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$$= 0{,}03136$$

$$\rho_{max} = 0{,}75\ .\ \rho b$$

$$= 0{,}0235$$

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

a. Daerah tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada **batang nomor 825.**

Mu = 2706,84 kgm = 2,707 × 10^7 Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{2{,}707\times10^7}{0{,}8} = 3{,}383\times10^7\ \text{Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{3{,}383\times10^7}{250\times344^2} = 1{,}144$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85\times25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16,94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\times 16,94\times 1,144}{360}}\right)$$

= 0,0033

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

Digunakan ρ_{min} = 0,0039

As perlu = ρ_{min} . b . d

= 0,0039 . 250 . 344

= 335,4 mm^2

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.16^2}$$

$$= \frac{335,4}{200,96} = 1,669 \sim 2 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 2 D 16 mm

As ada = 2. ¼ . π . 16^2

= 2. ¼ . 3,14 . 16^2

= 401,92 mm^2 > As perlu (345,207) → Aman..!!

$$a = \frac{\text{As ada . fy}}{0,85 . f'c . b} = \frac{401,92 . 360}{0,85 . 25 . 250} = 27,24$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 401,92 . 360 (344 – 27,24/2)

= 4,780 . 10^7 Nmm16,557

Mn ada > Mn → Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 2 D 16 mm

b. Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada **batang nomor 825.**

Mu = 1847,04 kgm = $1{,}847 \times 10^7$ Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{1{,}847 \times 10^7}{0{,}8} = 2{,}309 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b\,.\,d^2} = \frac{2{,}309 \times 10^7}{250 \times 344^2} = 0{,}781$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85 \times 25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16{,}94 \times 0{,}781}{360}}\right)$$

$= 0{,}0022$

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

Digunakan ρ_{min} = 0,0039

As perlu = ρ_{min} . b . d

= 0,0039 . 250 . 344

= 335,4 mm^2

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4}.\pi.16^2}$$

$$= \frac{335{,}4}{200{,}96} = 1{,}669 \sim 2 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 2 D 16 mm

As ada = 2. ¼ . π . 16^2

= 2. ¼ . 3,14 . 16^2

= 401,92 mm^2 > As perlu (345,207) → Aman..!!

$$a = \frac{As\ ada\ .\ fy}{0{,}85\ .\ f'c\ .\ b} = \frac{401{,}92\ .\ 360}{0{,}85\ .\ 25\ .\ 250} = 27{,}24$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 401,92 . 360 (344 – 27,24/2)

= 4,780 . 10^7 Nmm16,557

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 2 D 16 mm

7.3.10. Perhitungan Tulangan Geser

a. Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser pada **batang nomor 825**,

Vu = 4153,21 kg = 41532,1 N

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 400 – 40 – ½ (8) = 356 mm

Vc = 1/6 . $\sqrt{f'c}$. b . d

=1/6 . $\sqrt{25}$. 250 . 356

= 74166,67 N

Ø Vc = 0,6 . 74166,67 N

= 44500 N

3 Ø Vc= 3 . 44500 N

= 133500 N

Syarat tulangan geser : Ø Vc < Vu < 3Ø Vc

Vu < Ø Vc < 3Ø Vc : 41532,1 N < 44500 N < 133500 N

Jadi tidak diperlukan tulangan geser

S_{max} = d/2 = $\frac{356}{2}$ = 178 mm ~ 170 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 10 – 170 mm

b. Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser pada **batang nomor 825**,

Vu = 2776,94 kg = 22769,4 N

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 400 – 40 – ½ (8) = 356 mm

Vc = 1/6 . $\sqrt{f'c}$. b . d

=1/6 . $\sqrt{25}$. 250 . 356

= N

Ø Vc = 0,6 . 74166,67 N

= 44500 N

3 Ø Vc = 3 . 44500 N

= 133500 N

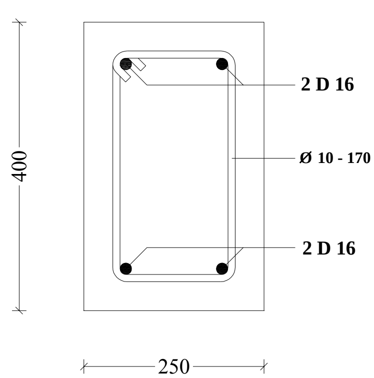
Syarat tulangan geser : Ø Vc < Vu < 3Ø Vc

Vu < Ø Vc < 3Ø Vc : 22769,4 N < 44500 N < 133500 N

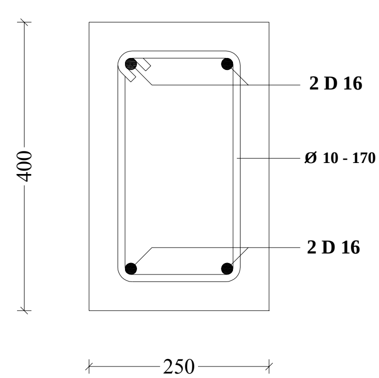
Jadi tidak diperlukan tulangan geser

S_{max} = d/2 = $\frac{356}{2}$ = 178 mm ~ 170 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 10 – 170 mm



POT. TUMPUAN

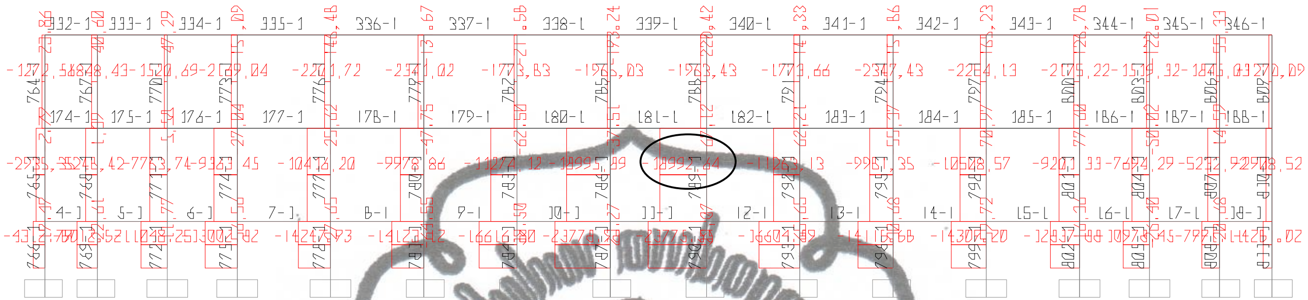


POT. LAPANGAN

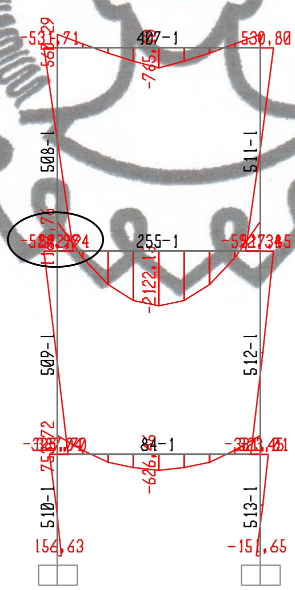
7.4. Penulangan Kolom

7.4.1. Penulangan Kolom Tipe 1

Bidang aksial kolom tipe 1, As 2 (A –P)



Bidang momen kolom tipe 1, As 10 (H – I)



a. Perhitungan Tulangan Lentur

Gaya aksial terbesar kolom terletak pada As 2 (kolom I)

Data perencanaan :

b	= 300 mm	Ø tulangan	= 16 mm
h	= 300 mm	Ø sengkang	= 8 mm
f'c	= 25 MPa	s (tebal selimut)	= 40 mm

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya terbesar pada **batang nomor 789**,dan momen terbesar pada **batang nomor 509**

Pu = 18992,64 kg = 189926,4 N

Mu = 524,97 kgm = $0{,}525.10^7$ Nmm

d = h – s – Ø sengkang –½ Ø tulangan utama

= 300 – 40 – 8 – ½ .16

= 244 mm

d' = h – d = 300 – 244 = 56 mm

$$e = \frac{Mu}{Pu} = \frac{0{,}525 \times 10^7}{189926{,}4}$$

= 27,64 mm

e min = 0,1.h = 0,1. 300 = 30 mm

$$Cb = \frac{600}{600 + fy}.d = \frac{600}{600 + 360}.244$$

= 152,5

ab = β_1.cb

= 0,85 × 152,5

= 129,625

Pn_b = 0,85 × f'c × ab × b

= 0,85 × 25 ×129,625 × 300

= $8{,}264 \times 10^5$ N

0,1 × f'c × Ag = 0,1 × 25 × 300 × 300 = $2{,}25.10^5$ N

→ karena Pu = $8{,}264.10^5$ N > 0,1 × f'c × Ag , maka Ø = 0,65

$$Pn\ Perlu = \frac{Pnb}{0{,}65} = \frac{8{,}264 \times 10^5}{0{,}65} = 12{,}714 \times 10^5\ N$$

$Pn_{perlu} > Pn_b$ → analisis keruntuhan tekan

$$K_1 = \frac{e}{d - d'} + 0{,}5$$

$$= \frac{27{,}64}{244 - 56} + 0{,}5 = 0{,}647$$

$K_2 = \frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1{,}18$

$= \frac{3 \times 300 \times 27{,}64}{244^2} + 1{,}18 = 1{,}599$

K_3 = b × h × fc'

= 300 × 300 × 25

= $2{,}25 \times 10^6$ N

$As' = \frac{1}{fy}\left(K_1 . P_n \, Perlu - \frac{K_1}{K_2} . K_3 \right)$

$= \frac{1}{360}\left(0{,}647 \times 12{,}714 \times 10^5 - \frac{0{,}647}{1{,}599} \times 2{,}25 \times 10^6 \right)$

= -243,936 mm^2

Luas memanjang minimum :

As_t = 1 % Ag = 0,01 . 300. 300 = 900 mm^2

Sehingga, As = As'

$As = \frac{Ast}{2} = \frac{900}{2} = 450 \text{ mm}^2$

Menghitung jumlah tulangan :

$n = \frac{As}{\frac{1}{4} . \pi . (D)^2} = \frac{450}{\frac{1}{4} . \pi . (16)^2} = 2{,}239 \sim 3$ tulangan

As ada = 3 . ¼ . π . 16^2

= 602,88 mm^2 > 450 mm^2

As ada > As perlu………….. Ok!

Jadi dipakai tulangan 3 D 16

b. Perhitungan Tulangan Geser

Vu = 228,31 kg = 2283,1 N

Pu = 18992,64 kg = 189926,4 N

$Vc = \left(1 + \frac{Pu}{14.Ag} \right) \sqrt{\frac{f'c}{6}} . b.d$

$$= \left(1 + \frac{189926,4}{14 \times 300 \times 300}\right)\sqrt{\frac{25}{6}} \times 300 \times 244 = 171981,124 \text{ N}$$

Ø Vc = 0,6 × Vc = 103188,675 N

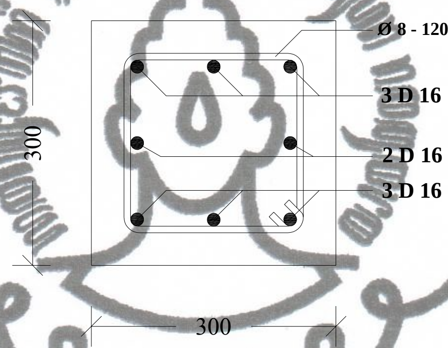
0,5 Ø Vc = 51594,337 N

Vu < 0,5 Ø Vc => tidak diperlukan tulangan geser.

S_{max} = d/2 = 244/2

= 122 mm ~ 120 mm

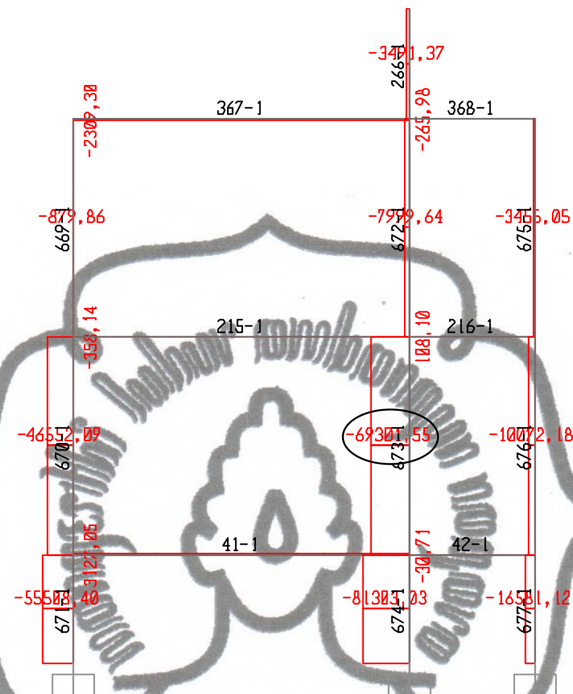
Jadi dipakai sengkang dengan tulangan **Ø 8 – 120 mm**



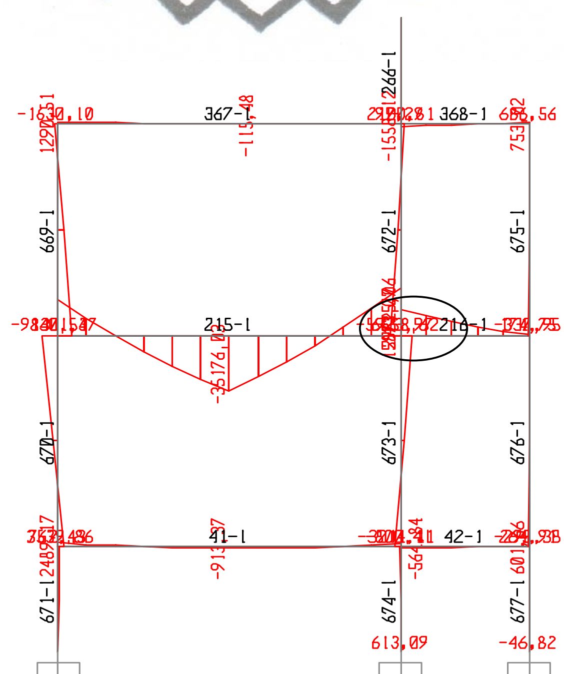
POT. KOLOM

7.4.2. Penulangan Kolom Tipe 2

Bidang aksial kolom tipe 2, As 5 (M – P)



Bidang momen kolom tipe 2, As 5 (M – P)



a. Perhitungan Tulangan Lentur

Gaya aksial terbesar kolom terletak pada As 5 (kolom O)

Data perencanaan :

b	= 400 mm	Ø tulangan	= 19 mm
h	= 400 mm	Ø sengkang	= 10 mm
f'c	= 25 MPa	s (tebal selimut)	= 40 mm

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya terbesar pada **batang nomor 673**,dan momen terbesar pada **batang nomor 673**

Pu = 69301,55 kg = 69301,55 N

Mu = 6558,62 kgm = $6,559.10^7$ Nmm

d = h – s – Ø sengkang – ½ Ø tulangan utama

= 400 – 40 – 10 – ½ .19

= 344 mm

d' = h – d = 400 – 340,5 = 59,5 mm

$$e = \frac{Mu}{Pu} = \frac{6,559 \times 10^7}{693015,5}$$

= 94,64 mm

e min = 0,1.h = 0,1. 400 = 40 mm

$$Cb = \frac{600}{600 + fy}.d = \frac{600}{600+360}.340,5$$

= 212,825

ab = β_1.cb

= 0,85 × 212,825

= 180,89

Pn_b = 0,85 × f'c × ab × b

= 0,85 × 25 × 180,89 × 400

= $15,375 \times 10^5$ N

0,1 × f'c × Ag = 0,1 × 25 × 400× 400 = 4.10^5 N

→ karena Pu = $15,375.10^5$ N > 0,1 × f'c × Ag , maka Ø = 0,65

Pn Perlu = $\dfrac{Pnb}{0{,}65} = \dfrac{15{,}375 \times 10^5}{0{,}65}$ = 23,654 $\times 10^5$ N

$Pn_{perlu} > Pn_b \rightarrow$ analisis keruntuhan tekan

$K_1 \quad = \dfrac{e}{d-d'} + 0{,}5$

$\quad = \dfrac{94{,}64}{340{,}5 - 59{,}5} + 0{,}5 = 0{,}837$

$K_2 \quad = \dfrac{3 \times h \times e}{d^2} + 1{,}18$

$\quad = \dfrac{3 \times 400 \times 94{,}64}{340{,}5^2} + 1{,}18 = 2{,}160$

K3 = b × h × fc'

= 400 × 400 × 25

= 4 $\times 10^6$ N

$As' = \dfrac{1}{fy}\left(K_1 . P_n\, Perlu - \dfrac{K_1}{K_2} . K_3 \right)$

$= \dfrac{1}{360}\left(0{,}837 \times 23{,}654 \times 10^5 - \dfrac{0{,}837}{2{,}160} \times 4 \times 10^6 \right)$

= 1193,99 mm^2

Dipakai As' = 1193,99 mm^2

Menghitung jumlah tulangan :

$n \quad = \dfrac{As}{\frac{1}{4}.\pi.(D)^2} = \dfrac{1205{,}52}{\frac{1}{4}.\pi.(19)^2} = 4{,}213 \sim 5$ tulangan

As ada = 5 . ¼ . π . 19^2

= 1416,925 mm^2 > 1193,99 mm^2

As ada > As perlu………….. Ok!

Jadi dipakai tulangan 5 D 19

b. Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Vu = 3354,45 kg = 33544,5 N

Pu = 69301,55 kg = 693015,5 N

$$Vc = \left(1 + \frac{Pu}{14.Ag}\right)\sqrt{\frac{f'c}{6}}.b.d$$

$$= \left(1 + \frac{693015,5}{14 \times 400 \times 400}\right)\sqrt{\frac{25}{6}} \times 400 \times 340,5 = 363924,365 \text{ N}$$

Ø Vc = 0,6 × Vc = 218354,619 N

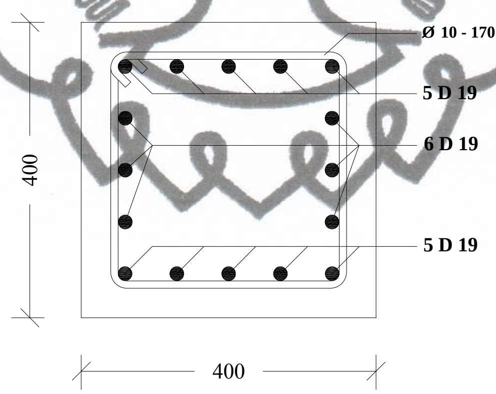
0,5 Ø Vc = 109177,310 N

Vu < 0,5 Ø Vc => tidak diperlukan tulangan geser.

S max = d/2 = 340,5/2

= 170,25 mm ~ 170 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan **Ø 10 – 170 mm**

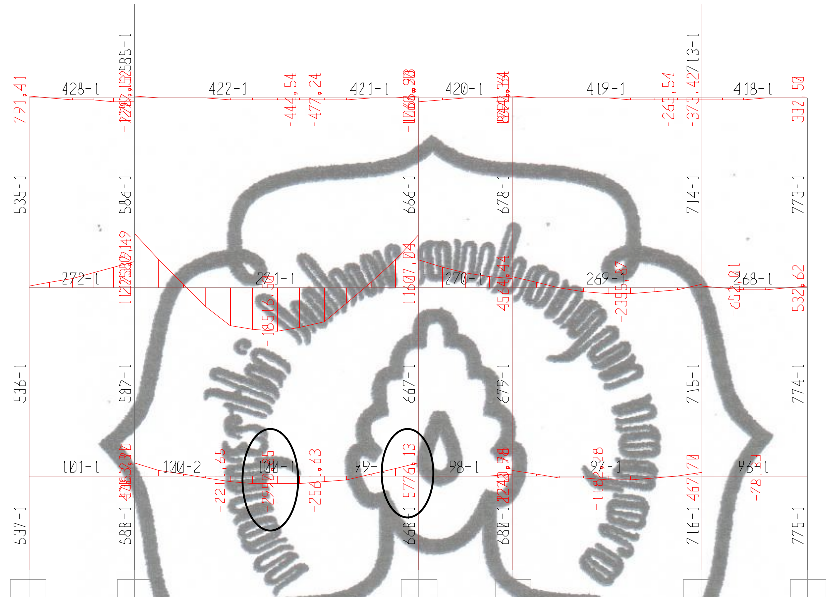


POT. KOLOM

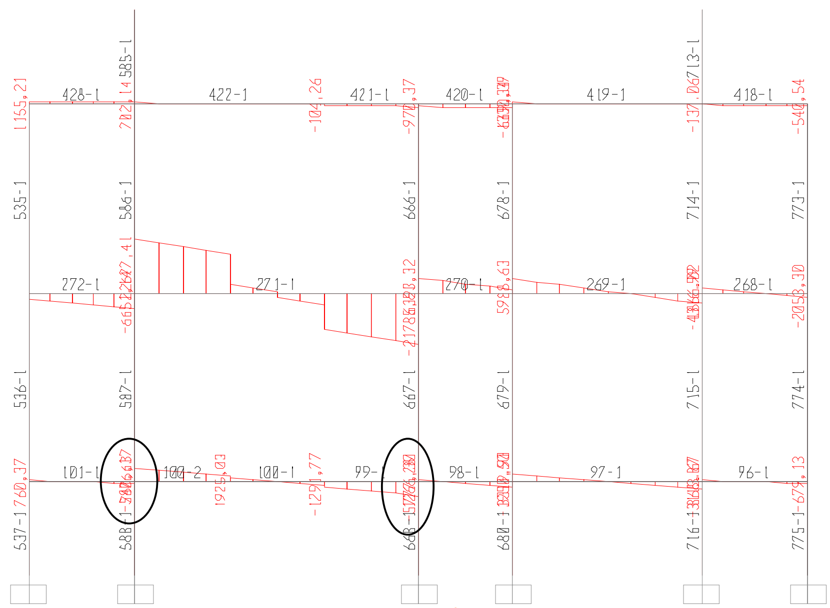
7.5. Penulangan Sloof

7.5.1. Perhitungan Tulangan Lentur Sloof

Bidang momen sloof As D (2 – 8)

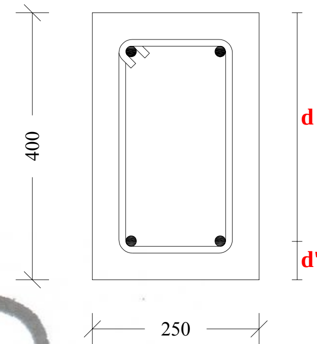


Bidang geser sloof As D (2 – 8)



Momen dan gaya geser terbesar sloof terletak pada As D (5 – 7)

Data perencanaan :



h = 400 mm $\quad Ø_t$ = 16 mm

b = 250 mm $\quad Ø_s$ = 8 mm

p = 40 mm $\quad$ d = h - p - $Ø_s$ - ½.$Ø_t$

fy = 360 Mpa $\quad$ = 400 – 40 – 8 - ½.16

f'c= 25 Mpa $\quad$ = 344 mm

$$\rho b = \frac{0,85.fc}{fy}.\beta.\left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0,85.25}{360}.0,85.\left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$$= 0,03136$$

$$\rho_{max} = 0,75 \;.\; \rho b$$

$$= 0,0235$$

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

a. Daerah tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada **batang nomor 99.**

Mu = 5776,13 kgm = $5,576 \times 10^7$ Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{5,576 \times 10^7}{0,8} = 6,97 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{6,97 \times 10^7}{250 \times 344^2} = 2,356$$

$$m = \frac{fy}{0,85.f'c} = \frac{360}{0,85 \times 25} = 16,94$$

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

$$= \frac{1}{16,94}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,94 \times 2,356}{360}}\right)$$

$= 0,0069$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan $\rho = 0,0069$

As perlu $= \rho \cdot b \cdot d$

$= 0,0069 \cdot 250 \cdot 344$

$= 599,036 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2}$$

$$= \frac{599,036}{200,96} = 2,98 \sim 3 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 3 D 16 mm

As ada $= 3 \cdot ¼ \cdot \pi \cdot 16^2$

$= 3 \cdot ¼ \cdot 3,14 \cdot 16^2$

$= 602,88 \text{ mm}^2 >$ As perlu (599,036) $\rightarrow$ Aman..!!

$$a = \frac{\text{As ada} \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{602,88 \cdot 360}{0,85 \cdot 25 \cdot 250} = 51,06$$

Mn ada $=$ As ada . fy (d – a/2)

$= 602,88 \cdot 360\ (344 - 51,06/2)$

$= 6,912 \cdot 10^7$ Nmm

Mn ada > Mn $\rightarrow$ Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 3 D 16 mm

b. Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh momen terbesar pada **batang nomor 100.**

Mu = 2990,85 kgm = 2,99 × 10^7^ Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{2{,}99 \times 10^7}{0{,}8} = 3{,}736 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b\,.\,d^2} = \frac{3{,}736 \times 10^7}{250 \times 344^2} = 1{,}263$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.f'c} = \frac{360}{0{,}85 \times 25} = 16{,}94$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16{,}94 \times 1{,}263}{360}}\right)$$

$= 0{,}0036$

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

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

As perlu = ρ_{min} . b . d

= 0,0039 . 250 . 344

= 335,4 mm^2

$$n = \frac{As\ perlu}{\frac{1}{4}.\pi.16^2}$$

$$= \frac{335{,}4}{200{,}96} = 1{,}669 \sim 2 \text{ tulangan}$$

Dipakai tulangan 2 D 16 mm

As ada = 2. ¼ . π . 16^2

= 2. ¼ . 3,14 . 16^2

= 401,92 mm^2 > As perlu (335,4) → Aman..!!

$$a = \frac{As\ ada\,.\,fy}{0{,}85\,.\,f'c\,.\,b} = \frac{401{,}92\,.\,360}{0{,}85\,.\,25\,.\,250} = 27{,}24$$

Mn ada = As ada . fy (d – a/2)

= 401,92 . 360 (344 – 27,24/2)

= 4,780 . 10^7 Nmm16,557

Mn ada > Mn → Aman..!!

Jadi dipakai tulangan 2 D 16 mm

7.5.2. Perhitungan Tulangan Geser

a. Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser pada **batang nomor 99**,

Vu = 5777,28 kg = 57772,8 N

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 400 – 40 – ½ (8) = 356 mm

Vc = 1/6 . $\sqrt{f'c}$. b . d

=1/6 . $\sqrt{25}$. 250 . 356

= N

Ø Vc = 0,6 . 74166,67 N

= 44500 N

3 Ø Vc= 3 . 44500 N

= 133500 N

Syarat tulangan geser : Ø Vc < Vu < 3Ø Vc

: 44500 N < 57772,8 N < 133500 N

Jadi diperlukan tulangan geser

Ø Vs = Vu - Ø Vc

= 57772,8 – 44500 = 13272,8 N

Vs perlu $= \dfrac{\phi Vs}{0,6} = \dfrac{13272,8}{0,6} = 22121,33$ N

Digunakan sengkang ∅ 8

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

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

$s = \dfrac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs\ perlu} = \dfrac{100,48.240.356}{22121,33} = 388,08$ mm

$s_{max} = d/2 = \dfrac{356}{2} = 178$ mm ~ 170 mm

Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 10 – 170 mm

b. Daerah Lapangan

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya geser pada **batang nomor 100**,

Vu = 3364 kg = 33640 N

f'c = 25 Mpa

fy = 240 Mpa

d = h – p – ½ Ø

= 400 – 40 – ½ (8) = 356 mm

Vc $= 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

$= 1/6 \cdot \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 356$

= N

Ø Vc = 0,6 . 74166,67 N

= 44500 N

3 Ø Vc = 3 . 44500 N

= 133500 N

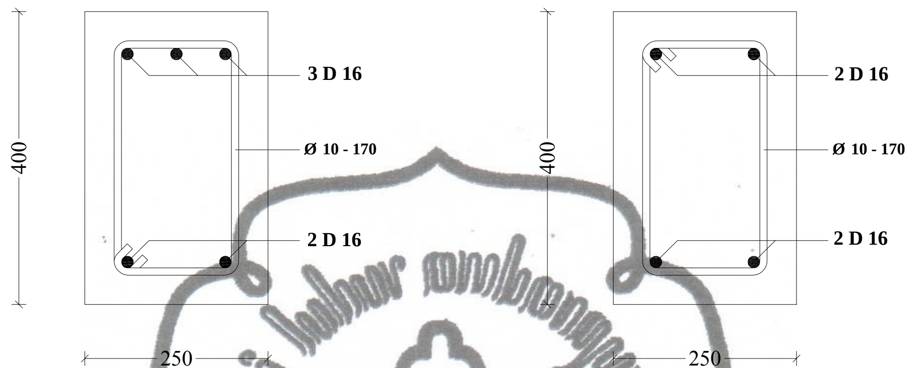
Syarat tulangan geser : Ø Vc < Vu < 3Ø Vc

: 44500 N > 33640 N < 133500 N

Jadi tidak diperlukan tulangan geser

$s_{max} = d/2 = \dfrac{356}{2} = 178 \text{ mm} \sim 170 \text{ mm}$

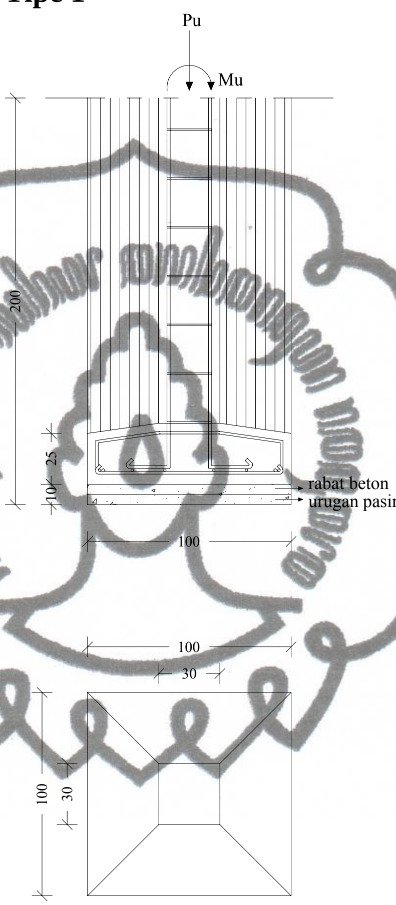
Jadi dipakai sengkang dengan tulangan Ø 10 – 170 mm



POT. TUMPUAN **POT. LAPANGAN**

BAB 8
PERENCANAAN PONDASI

8.1. Perencanaan Pondasi Tipe 1



Gambar 8.1 Perencanaan Pondasi Tipe 1

Dimensi Pondasi

$$\sigma_{tanah} = \frac{Pu}{A}$$

$$A = \frac{Pu}{\sigma\ tan\,ah} = \frac{23775{,}55}{50000}$$

$$= 0{,}475\ m^2$$

$$B = L = \sqrt{A} = \sqrt{0{,}475} = 0{,}689\ m \sim 1\ m$$

Direncanakan pondasi telapak dengan kedalaman 2 m ukuran 1,0 m x 1,0 m

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya aksial terbesar pada **batang nomor 790**, dan momen terbesar pada **batang nomor 516** :

Pu = 23775,55 kg

Mu = 336,23 kgm

$f'c$ = 25 Mpa

fy = 360 Mpa

σ tanah = 5 kg/cm^2 = 50000 kg/m^2

γ tanah = 1,7 t/m^3 = 1700 kg/m^3

γ beton = 2,4 t/m^2

d = h – p – ½ ∅tul.utama

= 250 – 50 – 6,5

= 193,5 mm

8.2. Perencanaan Kapasitas Dukung Pondasi

8.2.1. Perhitungan kapasitas dukung pondasi

Pembebanan pondasi

Berat telapak pondasi	= 1 x 1 x 0,25 x 2400	=	600 kg
Berat tanah	= {(1^2x1,6) - ($0,3^2$x1,6)}x1700	=	2475,2 kg
Berat kolom	= (0,3x0,3x1,6) x 2400	=	345,6 kg
Pu		=	23775,55 kg +
	P total	=	27196,35 kg

$$e = \frac{\sum Mu}{\sum P} = \frac{336,23}{27196,35}$$

= 0,013 kg < 1/6. B = 0,167

$$\sigma_{\text{yang terjadi}} = \frac{Ptot}{A} \pm \frac{Mtot}{\frac{1}{6}.b.L^2}$$

$$\sigma_{maksimum} = \frac{27196{,}35}{1.1} + \frac{336{,}23}{1/6.1(1)^2}$$

$$= 29213{,}73 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_{minimum} = \frac{27196{,}35}{1.1} - \frac{336{,}23}{1/6.1(1)^2}$$

$$= 25178{,}97 \text{ kg/m}^2$$

$$= \sigma_{\text{tan } ahterjadi} < \sigma \text{ ijin tanah}\ldots\ldots\ldots\ldots\text{Ok!}$$

8.2.2. Perhitungan Tulangan Lentur

$$Mu = \tfrac{1}{2} \cdot qu \cdot t^2 = \tfrac{1}{2} \cdot 29213{,}73 \cdot (0{,}5)^2$$

$$= 3651{,}716 \text{ kgm} = 3{,}652.10^7 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{3{,}652.10^7}{0{,}8} = 4{,}56.10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0{,}85.20} = \frac{360}{0{,}85.25} = 16{,}94$$

$$\rho b = \frac{0{,}85.f'c}{fy} \beta \left(\frac{600}{600 + fy}\right)$$

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

$$= 0{,}03136$$

$$\rho_{max} = 0{,}75 \cdot \rho b$$

$$= 0{,}75 \cdot 0{,}03136$$

$$= 0{,}0235$$

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

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{4{,}56.10^7}{1000\,(193{,}5)^2} = 1{,}218$$

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

$$= \frac{1}{21,176}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.16,94.1,218}{360}}\right)$$

$$= 0,0035$$

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

Digunakan ρ_{min} = 0,0039

As perlu = ρ_{min} . b . d
= 0,0039 . 1000 . 193,5
= 754,65 mm^2

Digunakan tul D 13 = ¼ . π . d^2
= ¼ . 3,14 . $(13)^2$
= 132,665 mm^2

Jumlah tulangan (n) $= \frac{754,65}{132,665} = 5,688 \sim 6$ buah

Jarak tulangan $= \frac{1000}{6} = 166,67$ mm ~ 160 mm

Sehingga dipakai tulangan **D 13 - 160 mm**

As yang timbul = 6 × 132,665 = 795,99 > As……….ok!

8.2.3. Perhitungan Tulangan Geser

Vu = σ x $A_{efektif}$
= 29213,73 x (0,35 x 1)
= 10224,81 N

Vc $= 1/6.\sqrt{f'c}.b.\,d$
$= 1/6.\sqrt{25}.1000.193,5$
= 161250 N

$\varnothing$ Vc = 0,6 . Vc

= 0,6 . 161250

= 96750 N

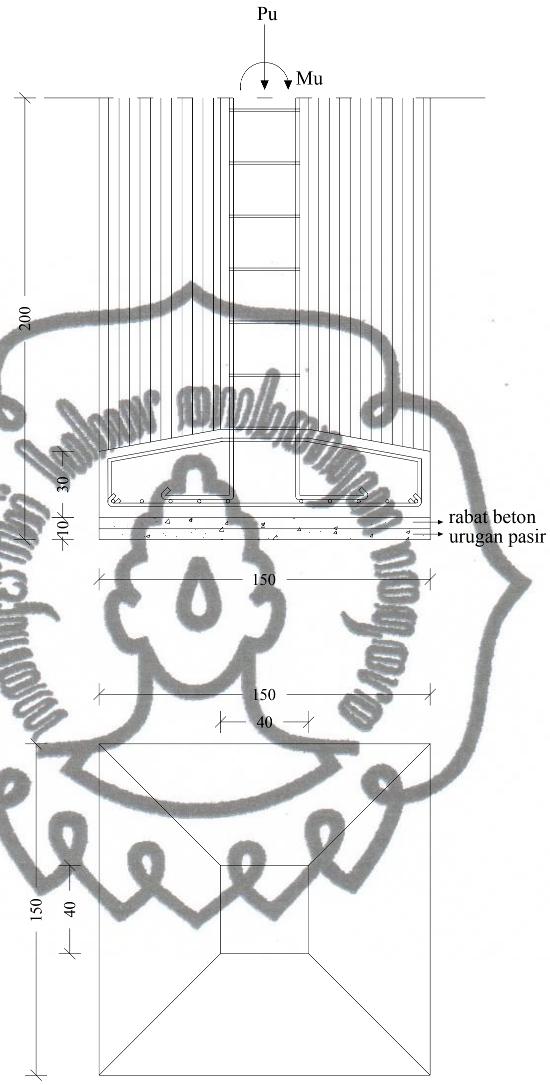
0,5$\varnothing$ Vc = 0,5 . 96750 N

= 48375 N

Vu < 0,5$\varnothing$ Vc tidak perlu tulangan geser

Digunakan tulangan geser minimum **Ø 10 – 200 mm**

8.3. Perencanaan Pondasi Tipe 2



Gambar 8.2 Perencanaan Pondasi Tipe 2

Dimensi Pondasi

$$\sigma_{tanah} = \frac{Pu}{A}$$

$$A = \frac{Pu}{\sigma \tan ah} = \frac{81303{,}03}{50000}$$

$$= 1{,}626 \text{ m}^2$$

$$B = L = \sqrt{A} = \sqrt{1{,}626} = 1{,}275 \text{ m} \sim 1{,}5 \text{ m}$$

Direncanakan pondasi telapak dengan kedalaman 2 m ukuran 1,5 m x 1,5 m

Dari Perhitungan **SAP 2000** diperoleh gaya aksial terbesar pada **batang nomor 674**, dan momen terbesar pada **batang nomor 638** :

Pu = 81303,03 kg

Mu = 2042,50 kgm

$f'c$ = 25 Mpa

fy = 360 Mpa

σ tanah = 5 kg/cm^2 = 50000 kg/m^2

γ tanah = 1,7 t/m^3 = 1700 kg/m^3

γ beton = 2,4 t/m^2

d = h – p – ½ ∅tul.utama

= 300 – 50 – 8

= 242 mm

8.4. Perencanaan Kapasitas Dukung Pondasi

8.4.1. Perhitungan kapasitas dukung pondasi

Pembebanan pondasi

Berat telapak pondasi	= 1,5 x 1,5 x 0,40 x 2400	=	2160	kg
Berat tanah	= {(1,5^{2}x1,5) - (0,4^{2}x1,5)}x1700	=	5329,5	kg
Berat kolom	= (0,4x0,4x1,5) x 2400	=	576	kg
Pu		=	81303,03	kg +
	P total	=	89368,53	kg

$$e = \frac{\sum Mu}{\sum P} = \frac{2042,50}{89368,53}$$

= 0,023 kg < 1/6. B = 0,167

$$\sigma_{\text{yang terjadi}} = \frac{Ptot}{A} \pm \frac{Mtot}{\frac{1}{6}.b.L^2}$$

$$\sigma_{maksimum} = \frac{89368,53}{1,5.1,5} + \frac{2042,50}{1/6.1,5(1,5)^2}$$

$$= 43350,458 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_{minimum} = \frac{89368,53}{1,5.1,5} - \frac{2042,50}{1/6.1,5(1,5)^2}$$

$$= 36082,237 \text{ kg/m}^2$$

$$= \sigma_{tan\,ahterjadi} < \sigma \text{ ijin tanah}\ldots\ldots\ldots\ldots\text{Ok!}$$

8.4.2. Perhitungan Tulangan Lentur

$$Mu = \tfrac{1}{2} . qu . t^2 = \tfrac{1}{2} . 43350,458. (0,75)^2$$

$$= 12192,316 \text{ kgm} = 12,193.10^7 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{12,193.10^7}{0,8} = 15,241.10^7 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85.20} = \frac{360}{0,85.25} = 16,94$$

$$\rho b = \frac{0,85.f'c}{fy} \beta \left(\frac{600}{600+fy}\right)$$

$$= \frac{0,85.25}{360} 0,85 \left(\frac{600}{600+360}\right)$$

$$= 0,03136$$

$$\rho_{max} = 0,75 . \rho b$$

$$= 0,75 . 0,03136$$

$$= 0,0235$$

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

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{15,241.10^7}{1500(242)^2} = 1,735$$

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

$$= \frac{1}{16{,}94}\left(1-\sqrt{1-\frac{2.16{,}94.1{,}735}{360}}\right)$$

$$= 0{,}0051$$

$\rho > \rho_{min}$

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

Digunakan ρ = 0,0051

As perlu = ρ . b . d

= 0,0051 × 1500 × 242

= 1842,79 mm^2

Digunakan tul D 16 = ¼ . π . d^2

= ¼ . 3,14 . (16)^2

= 200,96 mm^2

Jumlah tulangan (n) $= \frac{1842{,}79}{200{,}96} = 9{,}16 \sim 10$ buah

Jarak tulangan $= \frac{1000}{10} = 100$ mm

dipakai tulangan **D 16 - 100 mm**

As yang timbul = 10 × 200,96 = 2009,6 > As………..ok!

8.4.3. Perhitungan Tulangan Geser

Vu = σ x A $_{efektif}$

= 43350,458 x (0,55 x 1,5)

= 35764,128 N

Vc $= 1/6 . \sqrt{f'c} . b. d$

$= 1/6 . \sqrt{25} . 1500 . 242$

= 302250 N

$\varnothing$ Vc = 0,6 . Vc

= 0,6 . 302250

= 181500 N

0,5$\varnothing$ Vc = 0,5 . 181500 N

= 90750 N

Vu < 0,5$\varnothing$ Vc tidak perlu tulangan geser

Digunakan tulangan geser minimum **Ø 10 – 200 mm**

BAB 10

REKAPITULASI

10.1. Konstruksi kuda-kuda

a. Setengah kuda-kuda

Nomor Batang	Panjang Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	1,523 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
2	1,523 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
3	1,523 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
4	1,500 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
5	1,831 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
6	1,831 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
7	1,831 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
8	1,831 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
9	0,786 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
10	1,588 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
11	1,572 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
12	1,990 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
13	2,357 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
14	3,723 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
15	3,408 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7

b. Jurai

Nomor Batang	Panjang Batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	2,138 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
2	2,138 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
3	2,138 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
4	2,121 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7

5	2,367 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
6	2,367 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
7	2,367 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
8	2,367 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
9	0,730 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
10	2,184 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
11	2,492 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
12	1,572 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
13	2,492 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
14	4,014 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7
15	3,408 m	⅃L 40 . 40 . 5	2 ∅ 12,7

c. Kuda-kuda utama A

Nomor Batang	**Panjang batang**	**Dimensi Profil**	**Baut (mm)**
1	1,523 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
2	1,523 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
3	1,523 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
4	1,500 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
5	1,500 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
6	1,523 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
7	1,523 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
8	1,523 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
9	1,831 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
10	1,831 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
11	1,831 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
12	1,831 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
13	1,831 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
14	1,831 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
15	1,831 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
16	1,831 m	⅃L 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7

17	0,786 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
18	1,588 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
19	1,572 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
20	1,990 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
21	2,357 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
22	3,723 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
23	3,408 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
24	3,723 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
25	2,357 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
26	1,990 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
27	1,572 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
28	1,588 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7
29	0,786 m	⌋⌊ 70 . 70 . 7	4 ∅ 12,7

d. Kuda-kuda utama B

Nomor Batang	Panjang batang	Dimensi Profil	Baut (mm)
1	1,523 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
2	1,523 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
3	1,523 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
4	1,500 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
5	1,500 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
6	1,523 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
7	1,523 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
8	1,523 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
9	1,831 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
10	1,831 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
11	1,831 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
12	1,831 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
13	1,831 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
14	1,831 m	⌋⌊ 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7

15	1,831 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
16	1,831 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
17	0,786 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
18	1,588 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
19	1,572 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
20	1,990 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
21	2,357 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
22	3,723 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
23	3,408 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
24	3,723 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
25	2,357 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
26	1,990 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
27	1,572 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
28	1,588 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7
29	0,786 m	⅃L 50 . 50 . 6	2 ∅ 12,7

10.2. Rekapitulasi Penulangan Tangga

No.	**Jenis Penulangan**	**Jumlah Tulangan**
1.	Pelat tangga daerah tumpuan	∅ 12 mm – 100 mm
2.	Pelat tangga daerah lapangan	∅ 12 mm – 200 mm
3.	Tulangan lentur balok bordes	2 D16 mm
4.	Tulangan geser balok bordes	∅ 8 – 170 mm
5.	Tulangan lentur pondasi tangga	D 13– 200 mm
6.	Tulangan geser pondasi tangga	∅ 8 – 200 mm

10.3. Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

TIPE PLAT	Momen				Tulangan Lapangan		Tulangan Tumpuan	
	Mlx (kgm)	Mly (kgm)	Mtx (kgm)	Mty (kgm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)
A1	126,61	126,61	-307,48	-307,48	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
A2	230,61	99,48	-479,31	-352,70	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
A3	334,62	185,39	-	-520,01	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
A4	180,87	58,78	-370,79	-257,74	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
B1	262,27	90,44	538,10	-	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
B1	180,87	122,09	-402,44	-334,62	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
B2	168,81	168,81	-418,02	-418,02	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
B3	168,81	209,01	-442,13	-488,33	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
B4	196,50	75,03	-407,30	-278,68	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
B5	146,48	42,83	-296,54	-203,65	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
C1	**528,77**	**443,03**	**-1200,46**	-	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
C2	300,12	300,12	-743,14	-743,14	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
D1	239,95	239,95	-582,73	-582,73	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120
D2	179,96	222,81	-471,33	-514,18	∅10–240	∅10–240	∅10–120	∅10–120

10.4. Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

No.	As Balok Anak	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Geser	Tulangan Geser
1.	As 2”(A – D),(M – P)	2D16	2D16	Ø8–125	Ø8–125
2.	As C(2–4) = As N(2–4)	7D19	5D19	Ø8–75	Ø8–120
3.	As 5 (L – M)	2D19	3D19	Ø8–160	Ø8–170
4.	As D’ (5 – 6)	2D16	2D16	Ø8–170	Ø8–170
5.	3’’ (D – E)	2D12	7D19	Ø8–60	Ø8–125
6.	As 5 (D – E)	2D19	4D19	Ø8–100	Ø8–170

10.5. Rekapitulasi Penulangan Balok

No.	Jenis Balok	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Geser	Tulangan Geser
1.	Ring Balk 200 x 350	2 D 16	2 D 16	Ø10 – 150	Ø10 – 150
2.	Balok Memanjang 300 x 500	5D19	4D19	Ø10–120	Ø10–200
3.	Balok Memanjang 300 x 600	6D22	8D22	Ø10–60	Ø10–90
4.	Balok Melintang 300 x 600	6D19	5D19	Ø10–80	Ø10–130
5.	Balok Kanopi 250 x 400	2D16	2D16	Ø10–170	Ø10–170
6.	Sloof 250 x 400	3D16	2D16	Ø10–170	Ø10–170

10.6. Rekapitulasi Penulangan Kolom

No	Jenis Kolom	Tulangan Lentur	Tulangan Geser
1.	Kolom 1 300 x 300	3 D 16 mm	Ø 10 – 120 mm
2.	Kolom 2 400 x 400	5 D 19 mm	Ø 10 – 170 mm

10.7. Rekapitulasi Penulangan Pondasi

No.	Jenis Pondasi	Tulangan Lentur	Tulangan Geser
1.	Pondasi P1 (100 x 100)	D 13 – 160 mm	Ø 10 – 200 mm
2.	Pondasi P2 (150 x 150)	D 16 – 100 mm	Ø 10 – 200 mm

10.8. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

NO	URAIAN PEKERJAAN	TOTAL	
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp.	96.860.000,00
II	PEKERJAAN TANAH	Rp.	25.491.969,43
III	PEKERJAAN BETON	Rp.	1.596.215.736,21
IV	PEKERJAAN PASANGAN	Rp.	518.829.319,04
V	PEKERJAAN ATAP	Rp.	1.030.998.311,92
VI	PEKJ. KAYU, BESI, DAN KACA	Rp.	106.279.294,99
VII	PEKERJAAN LISTRIK	Rp.	41.060.000,00
VIII	PEKERJAAN SANITASI	Rp.	58.212.852,00
IX	PEKERJAAN PENGECATAN	Rp.	63.137.340,40
X	PEKERJAAN LAIN-LAIN	Rp.	25.000.000,00
	JUMLAH	**Rp.**	**3.562.084.823,99**
	JASA KONSTRUKSI 7 %	Rp.	249.345.937,68
		Rp.	**3.811.430.761,66**
	PPN 10 %	Rp.	381.143.076,17
		Rp.	**4.192.573.837,83**
	DIBULATKAN	**Rp.**	**4.192.500.000,00**
	Terbilang :		
Empat Milyar Seratus Sembilan Puluh Dua Juta Lima Ratus Ribu Rupiah			

BAB 11

KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan dan perhitungan struktur bangunan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur bangunan di Indonesia mengacu 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. Perhitungan pembebanan digunakan batasan – batasan dengan analisa statis equivalent.
4. Dari perhitungan diatas diperoleh hasil sebagai berikut :

➢ **Perencanaan atap**

Kuda – kuda utama A dipakai dimensi profil ⌋⌊ siku 70.70.7 diameter baut 12,7 mm jumlah baut 4

Kuda – kuda utama B dipakai dimensi profil ⌋⌊ siku 50.50.6 diameter baut 12,7 mm jumlah baut 2

Setengah kuda – kuda dipakai dimensi profil ⌋⌊ siku 40.40.5 diameter baut 12,7 mm jumlah baut 2

Jurai dipakai dimensi profil ⌋⌊ siku 40.40.5 diameter baut 12,7 mm jumlah baut 2

➢ **Perencanaan Tangga**

Tulangan tumpuan yang digunakan Ø 12– 100 mm

Tulangan lapangan yang digunakan Ø 12– 200 mm

Tulangan geser yang digunakan Ø 8 – 200 mm

Tulangan arah sumbu panjang yang digunakan pada pondasi D 13 – 170 mm

Tulangan arah sumbu pendek yang digunakan pada pondasi D 13 – 170 mm

Tulangan geser yang digunakan pada pondasi Ø 8 – 200 mm

➢ **Perencanaan plat lantai**

Tulangan arah X

Tulangan lapangan yang digunakan Ø 10 – 240 mm

Tulangan tumpuan yang digunakan Ø 10 – 120 mm

Tulangan arah Y

Tulangan lapangan yang digunakan Ø 10 – 240 mm

Tulangan tumpuan yang digunakan Ø 10 – 120 mm

➢ **Perencanaan balok anak**

- Balok Anak Tipe 1 (20/30)

Tulangan lapangan yang digunakan 2 D16 mm

Tulangan tumpuan yang digunakan 2 D16 mm

Tulangan geser tumpuan yang digunakan Ø 8 – 125 mm

Tulangan geser lapangan yang digunakan Ø 8 – 125 mm

- Balok Anak Tipe 2 (25/45)

Tulangan lapangan yang digunakan 5 D19 mm

Tulangan tumpuan yang digunakan 7 D19 mm

Tulangan geser tumpuan yang digunakan Ø 8 – 75 mm

Tulangan geser lapangan yang digunakan Ø 8 – 120 mm

- Balok Anak Tipe 3 (25/40)

Tulangan lapangan yang digunakan 3 D19 mm

Tulangan tumpuan yang digunakan 2 D19 mm

Tulangan geser tumpuan yang digunakan Ø 8 – 160 mm

Tulangan geser lapangan yang digunakan Ø 8 – 170 mm

- Balok Anak Tipe 4 (25/40)

Tulangan lapangan yang digunakan 2 D16 mm

Tulangan tumpuan yang digunakan 2 D16 mm

Tulangan geser tumpuan yang digunakan Ø 8 – 170 mm

Tulangan geser lapangan yang digunakan Ø 8 – 170 mm

- Balok Anak Tipe 5 (25/40)

Tulangan lapangan yang digunakan 7 D19 mm

Tulangan tumpuan yang digunakan 2 D19 mm

Tulangan geser tumpuan yang digunakan Ø 8 – 60 mm

Tulangan geser lapangan yang digunakan Ø 8 – 125 mm

- Balok Anak Tipe 6 (25/40)

Tulangan lapangan yang digunakan 4 D169 mm

Tulangan tumpuan yang digunakan 2 D19 mm

Tulangan geser tumpuan yang digunakan Ø 8 – 100 mm

Tulangan geser lapangan yang digunakan Ø 8 – 170 mm

➢ **Perencanaan portal**

Perencanaan tulangan balok portal Arah Memanjang (30/50)

Tulangan tumpuan yang digunakan 5 D 19 mm

Tulangan lapangan yang digunakan 4 D 19 mm

Tulangan geser tumpuan yang digunakan Ø 8 – 120 mm

Tulangan geser lapangan yang digunakan Ø 8 – 200 mm

Perencanaan tulangan balok portal Arah Memanjang (30/60)

Tulangan tumpuan yang digunakan 6 D 22 mm

Tulangan lapangan yang digunakan 8 D 22 mm

Tulangan geser tumpuan yang digunakan Ø 8 – 60 mm

Tulangan geser lapangan yang digunakan Ø 8 – 90 mm

Perencanaan tulangan balok portal Arah Melintang (30/60)

Tulangan tumpuan yang digunakan 6 D 19 mm

Tulangan lapangan yang digunakan 5 D 19 mm

Tulangan geser tumpuan yang digunakan Ø 8 – 80 mm

Tulangan geser lapangan yang digunakan Ø 8 – 130 mm

- **Perencanaan Tulangan Kolom**

  Kolom tipe 1 (30/30)

  Tulangan lapangan yang digunakan 3 D 16 mm

  Tulangan lapangan yang digunakan 3 D 16 mm

  Tulangan geser yang digunakan Ø 8 – 120 mm

  Kolom tipe 2 (40/40)

  Tulangan lapangan yang digunakan 4 D 19 mm

  Tulangan lapangan yang digunakan 4 D 19 mm

  Tulangan geser yang digunakan Ø 10 – 170 mm

- **Perencanaan Tulangan Ring Balk**

  Tulangan tumpuan yang digunakan 2 D 16 mm

  Tulangan lapangan yang digunakan 2 D 16 mm

  Tulangan geser tumpuan yang digunakan Ø 8 – 150 mm

  Tulangan geser lapangan yang digunakan Ø 8 – 150 mm

- **Perencanaan Tulangan Sloof**

  Tulangan tumpuan yang digunakan 3 D 16 mm

  Tulangan lapangan yang digunakan 2 D 16 mm

  Tulangan geser tumpuan yang digunakan Ø 8 – 170 mm

  Tulangan geser lapangan yang digunakan Ø 8 – 170 mm

- **Perencanaan pondasi portal**

  Pondasi Foot Plate 1

  Tulangan lentur yang digunakan D13 - 160 mm

  Tulangan geser yang digunakan Ø10 – 200 mm

  Pondasi Foot Plate 2

  Tulangan lentur yang digunakan D16 - 100 mm

  Tulangan geser yang digunakan Ø10 – 200 mm

5. Adapun Peraturan-peraturan yang digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian analisis, diantaranya :
    a. Standar Nasional Indonesia Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002*)*, Direktorat Penyelidik Masalah Bangunan, Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung.
    b. Standar Nasional Indonesia Tata Cara Perhitungan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002*)*, Direktorat Penyelidik Masalah Bangunan, Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung.
    c. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG), 1989, Cetakan ke-2, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Direktorat Jendral Cipta Karya Yayasan Lembaga Penyelidik Masalah Bangunan, Bandung.
    d. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Pembangunan Gedung, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
    e. Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI), 1984, Cetakan ke -2, Yayasan Lembaga Penyelidikan masalah bangunan.
    f. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI), 1971, N.1-2 Cetakan ke-7, Direktorat Penyelidik Masalah Bangunan, Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung.