

BAB 2

PERANCANGAN STRUKTUR ATAS

2.1 Metode Perancangan

2.1.1 Metode Rancang Bangunan

Rancang dan Bangun (*Design and Build*) merupakan sebuah sistem penyelenggaraan yang dilakukan pada pengadaan pekerjaan konstruksi, yang telah diperkenalkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) pada tahun 2015. Rancang dan Bangun adalah seluruh pekerjaan yang berhubungan dengan pembangunan suatu bangunan, dengan penyedia sebagai penanggung jawab perancangan maupun pelaksanaan konstruksi. Sehingga, pengguna jasa hanya menyiapkan *basic design*.

Berdasarkan Percepatan Spektrum Respon Desain, Kabupaten Sintang termasuk dalam daerah yang memiliki percepatan spektrum Sds 0,02g dan Sd1 0,01g dan termasuk pada daerah dengan kelas SBC (Batuan) yang di kategorikan dalam KDS D. Sehingga dalam analisa strukturnya dapat menggunakan metode SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus), dimana SRPMK wajib digunakan untuk mendesain bangunan yang berada pada daerah ketegori resiko D, E, dan F, sebagaimana diatur dalam SNI 1726-2012.

2.1.2 Studi Kasus dan Klasifikasi Situs

Dalam melakukan perancangan sebuah konstruksi, perlu dilakukan studi kasus agar perancang dapat mengetahui secara mendalam mengenai bangunan yang akan dirancang. Selain itu, studi kasus perlu dilakukan agar perancang dapat menganalisis kebutuhan yang diperlukan dalam proses perancangan tersebut, dimana perencanaan juga harus memperhatikan lokasi proyek, apakah proyek tersebut berada pada wilayah rawan gempa atau tidak.

Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726:2019 mengenai Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung Untuk Beban Gempa, Proyek Taman Budaya Kabupaten Sintang memiliki 2 bangunan utama yaitu gedung Perkantoran dan *Cullinary* (restoran) dimana kedua bangunan tersebut termasuk pada Kategori Risiko II dengan Faktor Keutamaan Gempa (I_e) sebesar 1,0. Kategori ini dapat dilihat pada Tabel 3 SNI 1726:2019. Lihat tabel 2.1 dan 2.2

Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Lanjutan Tabel 2.1

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

(SNI 1726:2019, Tabel 3)

Berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726:2019 (lihat tabel 2.2), pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa I_e .

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa
(Sumber SNI 1726:2019, Tabel 4)

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Struktur harus memiliki kategori desain seismik mengikuti pasal 6.5 SNI 1726:2019. Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah diperlukan suatu faktor amplifikasi pada periode 0,2 detik (F_a) dan periode 1 detik (F_v). Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek dan periode 1 detik (lihat tabel 2.3).

Tabel 2.3 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber SNI 1726:2019, Tabel 8)

Tabel 2.4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

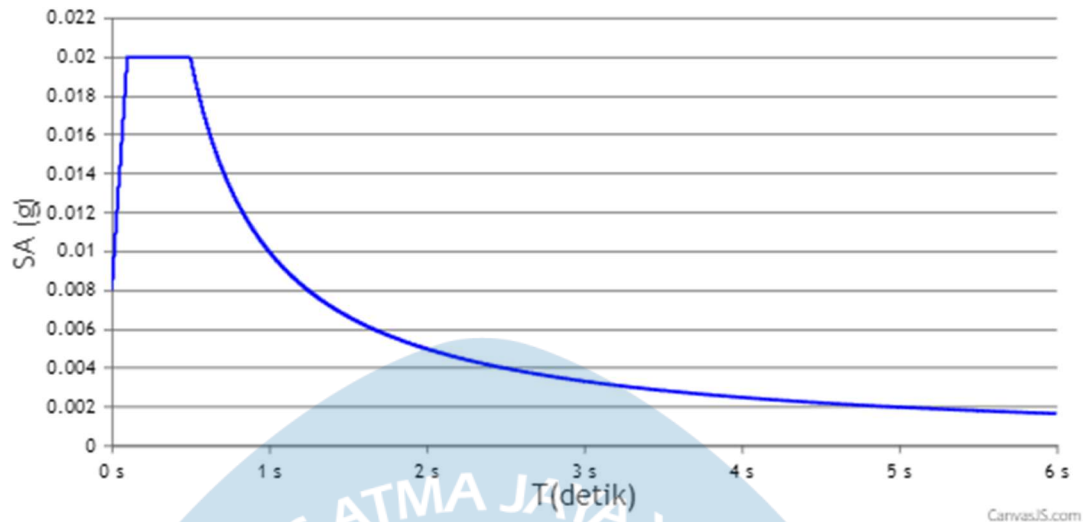
(Sumber SNI 1726:2019, Tabel 9)

Berikut merupakan perhitungan beban gempa: Dalam mendapatkan parameter yang dibutuhkan, beberapa parameter awal didapatkan melalui web Desain Spektra Indonesia dan dilanjutkan dengan perhitungan berdasarkan SNI 1726:2019. Parameter yang didapatkan dalam bentuk nilai sebagai berikut:

Kategori Seismik: II (Gedung Perkantoran), berdasarkan ASCE/SEI 7, Tabel 1.5-1 Faktor keutamaan (I_e): 1

Kelas Situs : SB (Batuan) – Data diambil dari website [rsa.ciptakarya](http://rsa.ciptakarya.com)

1. S_s = 0,0359 g
2. S_1 = 0,2019 g
3. S_{MS} = 1,248 g
4. S_{M1} = 0,949 g
5. S_{DS} = 0,02 g
6. S_{D1} = 0,019 g
7. T_0 = 0,1 detik
8. T_s = 0,5 detik
9. T_L = 12 detik



Gambar 2.1 Grafik Respons Spektrum

Kemudian, menentukan kategori desain seismik, berdasarkan SNI 1726:2019, Tabel 2.3. sehingga diperoleh kategori desain seismik (KDS) D.

2.2 Data Perancangan Struktur

2.2.1 Data Umum Bangunan

Data umum dari Proyek Taman Budaya Kabupaten Sintang adalah sebagai berikut:

Nama bangunan : Taman Budaya Kabupaten Sintang

Lokasi : Jl. Dr Wahidin Sudiro Husodo

2.2.2 Data Perencanaan

1. Data Bangunan Office

Jumlah lantai	: 2
Panjang bangunan	: 27,5 m
Lebar Bangunan	: 10,5 m
Tinggi Bangunan	: 6 m
Tinggi Antar Lantai	: 3m

2. Data Bangunan Kuliner

Jumlah lantai	: 2
Panjang bangunan	: 80 m
Lebar Bangunan	: 11 m

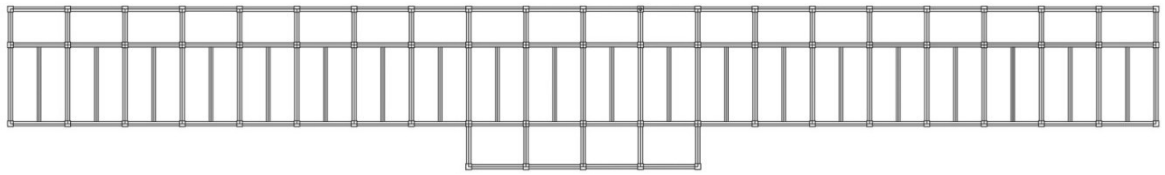
- Tinggi Bangunan : 6 m
Tinggi Antar Lantai : 3m
3. Data Bahan
- Mutu Baja (F_y) : 420 MPa
Mutu Beton (f'_c) : 25 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E_s) : 200000 MPa
Modulus Geser Baja : 80000 MPa
4. Beban mati
- Beban DL bangunan Office : 4,92 kN/m²
Beban DL bangunan Kuliner : 5,35 kN/m²
5. Beban Hidup
- Beban LL : 1 kN/m²
6. Beban Gempa
- Kategori Resiko : II
Kelas Situs : SB (Batuan)

2.3 Preliminary Design

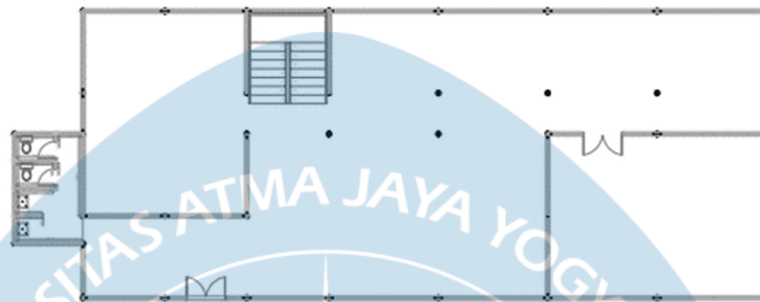
Preliminary Design merupakan tahapan awal yang dilakukan untuk menentukan dimensi penampang profil yang diperlukan elemen struktur sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Setelah perancangan awal selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah dilakukan analisis persyaratan dan keamanan struktur. Kedua bangunan tersebut merupakan dimana terdiri dari 2 lantai dengan tinggi tiap lantai 3m. Bangunan kuliner ini menggunakan kolom struktur dengan ukuran 400x400 mm, sedangkan bangunan office menggunakan kolom ukuran 350x350 mm. Untuk balok struktur kuliner terbagi menjadi 2 tipe balok yaitu balok induk (BI) dengan ukuran 300x400 mm dan balok anak (BA) dengan ukuran 200x250 mm. Untuk balok struktur office terbagi menjadi 2 tipe balok yaitu balok induk (BI) dengan ukuran 300x250 mm dan balok anak (BA) dengan ukuran 250x200 mm.

2.4 Layout Struktur

Layout dan denah awal gedung merupakan hasil balok a yang diberikan prodi. Pembuatan layout struktur dilakukan dengan mempertimbangkan segala bentuk dan fungsi bangunan yang ada. Dapat dilihat pada Gambar 2.2 untuk layout bangunan kuliner dan Gambar 2.3 untuk layout bangunan office.



Gambar 2.2 Layout Struktur Bangunan Kuliner



Gambar 2.3 Layout Struktur Bangunan Office

2.5 Perencanaan Pembebanan dan Ketidakberaturan Struktur

Perencanaan pembebanan struktur pada rangkaian bangunan Taman Budaya di Kabupaten Sintang yang masing-masing terdiri dari 2 lantai dan memiliki atap genteng metal. Dalam perhitungan perencanaan pembebanan struktur menggunakan beberapa data yang telah ada pada *preliminary design*, interpretasi data tanah dan penentuan kelas situs yang telah ada pada halaman sebelumnya.

Berat seismik efektif bangunan kuliner

Beban satuan lantai:

Berat satuan pelat	= 3,12 kN/m ²
Berat finishing lantai	= 1,11 kN/m ²
Plafond dan rangka	= 0,2 kN/m ²
Berat intsalasi MEP	= 0,5 kN/m ²
DL	= 4,92 kN/m ²
Balok induk (300×400)	= 1,94 kN/m ²
Balok anak (200×250)	= 0,576 kN/m ²
Kolom (400×400)	= 3,84 kN/m ²
Partisi kaca 1 (2,5 m)	= 0,645 kN/m ²
Partisi kaca 2 (4 m)	= 1,032 kN/m ²
Partisi kaca 3 (5,5 m)	= 1,418 kN/m ²

Partisi kaca 4 (3 m)	= 0,774 kN/m ²
Dinding 1 (2,5 m)	= 0,938 kN/m ²
Dinding 2 (4 m)	= 1,5 kN/m ²
Dinding 3 (5,5 m)	= 2,063 kN/m ²
Dinding 4 (3 m)	= 1,125 kN/m ²
Atap kuda-kuda	= 28,912 kN/m ²

Lantai 1

Pelat lantai	= ((80 × 8) + (3 × 16)) × 4,92 = 3384,96 kN
Balok (300×400)	= ((3 × 80) + (21 × 8) + (4 × 4) + (5 × 3)) × 1,94 = 853,4 kN
Balok (200×250)	= (20 × 5,5) × 0,576 = 63,30 kN
Kolom (400×400)	= ((68 × 3) + (66 × 3 × 0,5)) × 3,84 = 1163,52 kN
Beban partisi kaca 1	= 2 × 0,645 × 3 = 3,869 kN
Beban partisi kaca 2	= 40 × 1,032 × 3 = 123,792 kN
Beban partisi kaca 3	= 2 × 1,418 × 3 = 12,375 kN
Beban partisi kaca 4	= 2 × 0,774 × 3 = 6,75 kN
Beban dinding 1	= 20 × 0,938 × 3/2 = 28,125 kN
Beban dinding 2	= (20 + (18 × 3/2)) + (18 × 3/2) × 1,5 = 111 kN
Beban dinding 3	= 2 × 1 × 2,063 = 4,125 kN
Beban dinding 4	= 0 kN
Total W1	= 5755,292 kN

Lantai 2

Pelat lantai	= 11 × 16 × 4,92 = 865,92 kN
Balok (300×400)	= ((80 × 3) + (21 × 8) + (2 × 4) + (3 × 2)) × 1,94 = 820,368 kN
Balok (200×250)	= 10 × 5,5 × 0,576 = 63,63 kN
Kolom (400× 400)	= 20 × 5,5 × 3,84 = 380,18 kN
Beban dinding 1	= 66 × 3/2 × 0,938 = 28,125 kN
Beban dinding 2	= 20 × 3/2 × 1,5 = 72 kN
Beban atap	= 18 × 28,912 = 520,349 kN
Total W2	= 2750,349 kN

Berat Mati Total:

$$W1 + W2 = 8505,6405 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V &= cs \times w \\ &= 0,01 \times 8505,6405 \\ &= 85,05641 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= 0,5 \times (0,234 + 0,75) \\ &= 0,86685 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 2.5 Statistik Ekuivalen Bangunan Kuliner

Lantai	Wx	Hx	Wx × Hx ^k	Fx
2	2750,349 kN	6 meter	12999,55	39,0082
1	5755,2915 kN	3 meter	14916,26	45,44821
Total	8505,6405 kN	9 meter	27915,8	85,05641

Berat seismik efektif bangunan office

$$\text{Bj beton bertulang} = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Bj bata merah} = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Bj kaca} = 25,79 \text{ kN/m}^3$$

Beban satuan lantai:

$$\text{Beban sendiri pelat} = 3,12 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban pasir} = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban spesi} = 0,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban keramik} = 0,22 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban plafond} = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban MEP} = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{DL} = 5,13 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Balok induk (250×300)} = 1,02 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Balok anak (200×250)} = 0,576 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Kolom (d = 350)} = 6,924 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban dinding lantai 1} = 0,918 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban dinding lantai 2} = 11,187 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban kaca lantai 1} = 807,7428 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban kaca lantai 2} = 55,165 \text{ kN/m}^2$$

Lantai 1

$$\text{Berat pelat lantai} = (25 \times 10,5) \times 5,13 = 134,625 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat partisi kaca} = 807,743 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
\text{Berat dinding toilet} &= 99,45 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Berat dinding biasa} &= 0,918 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Balok induk (250}\times\text{300)} &= (8 \times 10,5) + (25 \times 4) + (2,5 \times 2) + (4 \times 1) \times 1,02 \\
&= 196,86 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Balok anak (200}\times\text{250)} &= ((1,5 \times 6) + 1) \times 0,576 = 5,76 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Kolom (d 350)} &= 36 \times 6,9237 = 249,253 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Setengah lantai 2} &= 27,582 + 5,594 + 49,725 = 82,9011 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Total W1} &= 2789,510 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

Lantai 2

$$\begin{aligned}
\text{Berat pelat lantai} &= (10,5 \times 25) \times 5,13 = 1346,625 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Berat partisi kaca} &= 55,165 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Berat dinding toilet} &= 99,45 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Berat dinding biasa} &= 5,594 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Kolom (d 350)} &= 36 \times 6,924 = 249,2535 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Balok induk (250}\times\text{300)} &= (8 \times 10,5) + (25 \times 4) + (2,5 \times 2) + (4 \times 1) \times 1,02 \\
&= 196,86 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Balok anak (200}\times\text{250)} &= ((1,5 \times 6) + 1) \times 0,576 = 5,76 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Beban atap} &= 2,533 + 2,842 + 3,004 = 8,379 \text{ kN/m}^2 \\
\text{Total W2} &= 1967,086 \text{ kN/m}^2
\end{aligned}$$

Berat Mati Total:

$$W1 + W2 = 4756,596 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
V &= cs \times w \\
&= 0,01 \times 4756,596 \\
&= 47,566 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k &= 0,5 \times (0,672 + 0,75) \\
&= 1,086 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Tabel 2.6 Statistik Ekuivalen Bangunan Office

Lantai	Wx	Hx	Wx × Hx ^k	Fx
2	2790 kN	6 meter	19525,41	35,7053
1	1967 kN	3 meter	6486	11,8607
Total	4756,596 kN	9 meter	26011,41	47,57

Ketidakberaturan Struktur Horizontal (irregularitas torsi)

Tabel 2. Ketidakberaturan struktur horizontal 1a

Story	Displacement		$\Delta 1 Lx$	$\Delta 2 Lx$	Δx avg	Δx max	1,2 Δx avg
	poin 1	Poin 2					
Base	0	0					
1	0,00593	0,00593	0,00593	0,00593	0,00593	0,00593	0,00712
2	0,00866	0,00866	0,00273	0,00273	0,00273	0,00273	0,00327

Tabel 2. Ketidakberaturan struktur horizontal 1b

Story	Displacement		$\Delta 1 Lx$	$\Delta 2 Lx$	Δx avg	Δx max	1,2 Δx avg
	poin 1	Poin 2					
Base	0	0					
1	0,00593	0,00593	0,00593	0,00593	0,00593	0,00593	0,00831
2	0,00866	0,00866	0,00273	0,00273	0,00273	0,00273	0,00382

Tabel 2. Ketidakberaturan struktur horizontal 1b

Berdasarkan data tabel diatas maka tidak terjadi ketidakberaturan struktur horizontal tipe 1a. dan 1b

Ketidakberaturan struktur horizontal tipe 2

Terjadi apabila nilai $Px > 15\% Lx$ atau $Px > 15\% Ly$

Data bangunan diketahui:

Px : 36 m

Py : 3 m

Lx : 80 m

Ly : 11 m

$$P_x = 36 > 15\% \times 80 = 12 \text{ m}$$

$$P_y = 3 > 15\% \times 11 = 1,65 \text{ m}$$

Dikarenakan nilai P_x maupun P_y lebih besar dari ($15\% \times P_x$ atau P_y) maka terjadi ketidakberaturan struktur tipe 2.

Ketidakberaturan struktur horizontal tipe 3

Terjadi apabila $A_{\text{void}} > 50\%$ diaphragma (lantai)

Data bangunan diketahui:

$$\text{Luas lantai} : (80 \times 8) + (3 \times 16) = 688 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas void} : 2 \times (2,5 \times 4) = 20 \text{ m}^2$$

Dikarenakan luas void lebih kecil dari 50% luas lantai ($20 \text{ m}^2 < 688 \text{ m}^2$), maka tidak terjadi ketidakberaturan struktur tipe 3.

Ketidakberaturan struktur horizontal tipe 4

Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang gedung memiliki pola elemen dengan grid pemikul beban yang relatif sejajar sumbu x dan y, kemudian tidak adanya penggunaan shear wall sehingga tidak termasuk dalam ketidakberaturan struktur tipe 4.

Ketidakberaturan Struktur Vertikal

Tabel 2. Ketidakberaturan struktur vertikal 1a

Story	Displacement		$\Delta 1 L_x$	$\Delta 2 L_x$	Δx_{avg}	Δx_{max}	$1,2 \Delta x_{\text{avg}}$
	point 1	Point 2	mm	mm	mm	mm	mm
Base	0	0					
1	0,00593	0,00593	0,00593	0,00593	0,00593	0,00593	0,00712
2	0,00688	0,00688	-0,00525	-0,00525	-0,00525	-0,00525	-0,0063

Tabel 2. Ketidakberaturan struktur vertikal 1b

Story	Displacement		$\Delta 1 Lx$	$\Delta 2 Lx$	Δx avg	Δx max	$1,2 \Delta x$ avg
	poin 1	Poin 2	mm	mm	mm	mm	mm
Base	0	0					
1	0,00593	0,00593	0,00593	0,00593	0,00593	0,00593	0,00831
2	0,00688	0,00688	-0,00525	-0,00525	-0,00525	-0,00525	-0,0073

Berdasarkan data tabel 2. diatas maka terjadi ketidakberaturan struktur horizontal tipe 1a dan 1b, pada story 2.

Ketidakberaturan struktur vertikal tipe 2

Terjadi apabila $w1 > 150\% w2$ atau $w2 > 150\% w1$

Data diketahui :

$$W2 = 7473,14571 \text{ kN} = 762,05 \text{ ton}$$

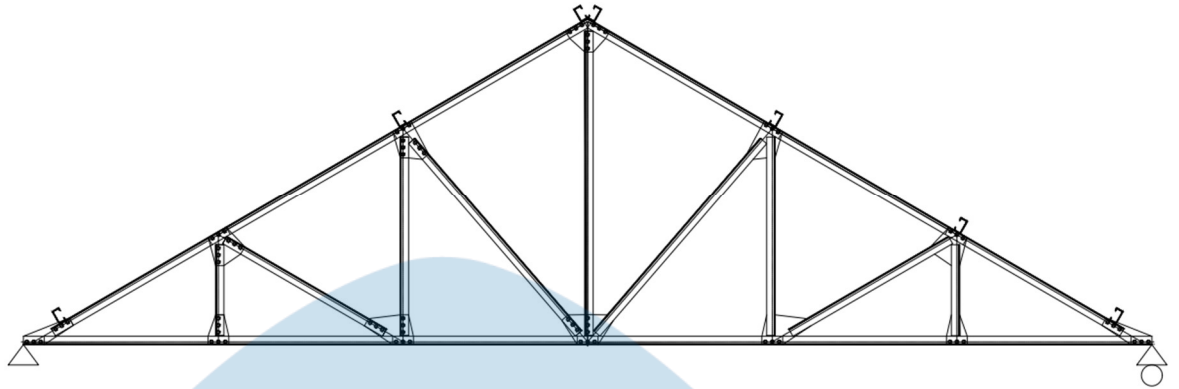
$$W1 = 7877,06874 \text{ kN} = 803,24 \text{ ton}$$

$$\text{Lantai 2} = 1,5 \times w2 = 1,5 \times 762,05 = 1143,075 \text{ ton}$$

$$\text{Lantai 1} = 1,5 \times w1 = 1,5 \times 803,24 = 1204,86 \text{ ton}$$

Dikarenakan $w1 < 150\% w2$ ($803,24 < 1143,075$), maka tidak terjadi ketidakberaturan struktur vertikal tipe 2.

2.6 Perancangan Struktur Atap Bangunan Kuliner



Gambar 2.4 Rangka atap bangunan kuliner

Gording Bangunan Kuliner

Diketahui sudutnya 30°

Jarak antara kuda-kuda = 4 m

Massa atap genteng metal = $5 \text{ kg/m} = 0,05 \text{ kN/m}^2$

Massa plafond = $20 \text{ kg} = 0,2 \text{ kN}$

Berat gording asumsi = $3,56 \text{ kg/m} = 0,356 \text{ kN/m}$

f_y baja = 240 MPa

Tiupan angin = $0,25 \text{ kN/m}$

Jarak antar gording = 1,333 m

Beban Gording

- Berat sendiri = $3,56 \text{ kg/m} = 0,356 \text{ kN/m}$
- Berat atap = $\frac{\text{jarak antar gording}}{\cos \alpha} \times \text{berat atap}$
 $= \frac{1,333 \text{ m}}{\cos 30} \times 0,05 \text{ kN/m} = 0,0768 \text{ kN/m}$
- Berat plafond = jarak antar gording \times berat plafond
 $= 1,333 \text{ m} \times 0,2 \text{ kN} = 0,266 \text{ kN/m}$

Dead Load (D) rencana gording a = $0,3784 \text{ kN/m}$

Beban hidup (L) diambil sebesar 1 kN

Gording (cek defleksi gording)

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= \frac{5}{384} \times \frac{q \cos \alpha L^4}{EI} + \frac{1}{48} \times \frac{p \cos \alpha L^3}{EI} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{0,3784 \times \cos 30 \times 4000^4}{200.000 \times 710.000} + \frac{1}{48} \times \frac{1 \times \cos 30 \times 4000^3}{200.000 \times 710.000} \\ &= 7,7005 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_3 &= \frac{5}{384} \times \frac{q \sin \alpha}{EI} \times \frac{L^4}{3} + \frac{1}{48} \times \frac{p \sin \alpha}{EI} \times \frac{L^3}{3} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{0,3784 \times \sin 30}{200.000 \times 170.000} \times \frac{4000^4}{3} + \frac{1}{48} \times \frac{1 \times \sin 30}{200.000 \times 170.000} \times \frac{4000^3}{3} \\ &= 0,2297 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta &= \sqrt{\Delta_3^2 + \Delta_2^2} \leq \frac{1}{240} L \\ &= \sqrt{7,7005^2 + 0,2297^2} \leq \frac{1}{240} \times 4000 \\ &= 7,7039 \text{ mm} \leq 16,6667 \text{ (Aman)}\end{aligned}$$

Sagrod Bangunan Kuliner

Jumlah gording (n) di bawah nok = 3

Rencana sag – rod

$$\begin{aligned}F_t \cdot D &= n \left(\frac{1}{3} \times q \times \sin \alpha \right) \\ &= 3 \left(\frac{4}{3} \times 0,3784 \times \sin 30 \right) \\ &= 0,7568 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_t \cdot L &= \frac{n}{2} \times p \times \sin \alpha \\ &= \frac{3}{2} \times 1 \times \sin 30\end{aligned}$$

- Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned}F_t \cdot U &= 1,4 F_t, D \\ &= 1,4 \times 0,7568 \\ &= 1,0595 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_t \cdot U &= 1,2 F_t, D + 1,6 F_t, L \\ &= 1,2 \times 0,7568 + 1,6 \times 0,75 \\ &= 2,1081 \text{ kN} \\ &= 0,75 \text{ kN}\end{aligned}$$

Dipilih $F_t, U = 2,1081 \text{ kN}$

- Luas batang sag – rod yang dibutuhkan

$$Asr = \frac{F_t, U \cdot 10^3}{\phi f_y} = \frac{2,1081 \times 10^3}{0,9 \times 240} = 9,7599 \text{ kN}$$

Rencana Momen Gording, dipilih $M_3U = 2,1721 \text{ kNm}$

$$M_{2.D} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot \sin \alpha \cdot \frac{L^2}{3}$$

$$= \frac{1}{8} \times 0,3784 \times \sin 30 \times \frac{4^2}{3}$$

$$= 0,042 \text{ kNm}$$

$$M_{2.L} = \frac{1}{4} \cdot p \cdot \sin \alpha \cdot \left(\frac{1}{3}\right)$$

$$= \frac{1}{4} \times 1 \times \sin 30 \times \left(\frac{4}{3}\right)$$

$$= 0,1667 \text{ kNm}$$

$$M_{2.u} = 1,4 M_{2.D}$$

$$= 1,4 \times 0,042$$

$$= 0,0589 \text{ kNm}$$

$$M_{2.u} = 1,2 M_{2.D} + 1,6 M_{2.L}$$

$$= 1,2 \times 0,042 + 1,6 \times 0,1667$$

$$= 0,3171 \text{ kN}$$

Dipilih $M_{2.u} = 0,3171 \text{ kNm}$

Cek Tegangan Pada Profil C

Dipilih profil C100 × 50 × 20 dengan tebal 2 mm

Dengan data:

$$I_3 = I_x = 710.000 \text{ mm}^4 \quad ; \quad W_3 = S_x = 14300 \text{ mm}^3$$

$$I_2 = I_y = 170.000 \text{ mm}^4 \quad ; \quad W_2 = S_y = 5400 \text{ mm}^3$$

Rumus tegangan:

$$F_b = \frac{M_{3.u}}{\phi_{ww}} + \frac{M_{2.u}}{\phi_{ww}} \leq f_y \rightarrow f_b = \frac{2,1721}{0,9 \times 14.300} + \frac{0,3171}{0,9 \times 5400} \leq 240 \text{ MPa}$$

$$= 234,0234 \leq 240 \text{ MPa (Aman)}$$

Beban Kuda-Kuda

Beban P_1 :

- Berat sendiri kuda-kuda = $\frac{a}{2} \times$ berat kuda-kuda

$$= \frac{1,333}{2} \times 0,5$$

$$= 0,3325 \text{ kN}$$

- Berat gording = $L \times \text{berat gording per m}$
 $= 4 \times 0,0356$
 $= 0,1424 \text{ kN}$

- Berat atap = $\frac{\left(\frac{a}{2}+b\right)}{\cos \alpha} \times L \times \text{berat atap}$
 $= \frac{\left(\frac{1,333}{2}+1\right)}{\cos 30} \times 4 \times 0,05$
 $= 0,3845 \text{ kN}$

- Berat plafond = $\left(\frac{a}{2}+b\right) \times L \times \text{berat plafond}$
 $= \left(\frac{1,333}{2}+1\right) \times 4 \times 0,2$
 $= 1,332 \text{ kN}$

Beban $P_1 = 2,1914 \text{ kN}$

Beban P_2 :

- Berat sendiri kuda-kuda = $a \times \text{berat kuda-kuda}$
 $= 1,333 \times 0,5$
 $= 0,665 \text{ kN}$

- Berat gording = $L \times \text{berat gording per m}$
 $= 4 \times 0,0356$
 $= 0,1424 \text{ kN}$

- Berat atap = $\frac{a}{\cos \alpha} \times L \times \text{berat atap}$
 $= \frac{1,333}{\cos 30} \times 4 \times 0,05$
 $= 0,3072 \text{ kN}$

- Berat plafond = $a \times L \times \text{berat plafond}$
 $= 1,333 \times 4 \times 0,2$
 $= 1,064 \text{ kN}$

Beban $P_2 = 2,1786 \text{ kN}$

Beban P_3 :

- Berat sendiri kuda-kuda = $a \times \text{berat kuda-kuda}$
 $= 1,333 \times 0,5$

$$=0,665 \text{ kN}$$

- Berat gording = $2 \times L \times \text{berat gording per m}$
 $= 2 \times 4 \times 0,0356$
 $= 0,2848 \text{ kN}$
- Berat atap = $\frac{a}{\cos \alpha} \times L \times \text{berat atap}$
 $= \frac{1,333}{\cos 30} \times 4 \times 0,05$
 $= 0,3072 \text{ kN}$
- Berat plafond = $a \times L \times \text{berat plafond}$
 $= 1,333 \times 4 \times 0,2$
 $= 1,064 \text{ kN}$

$$\text{Beban } P_3 = 2,32095 \text{ kN}$$

Perencanaan Beban Angin

- Beban $W_1 = \frac{\left(\frac{a}{2}+b\right)}{\cos \alpha} \times c_{ti} \times L \times Q_w$
 $= \frac{\left(\frac{1,333}{2}+1\right)}{\cos 30} \times 0,3 \times 4 \times 0,25$
 $= 0,5768 \text{ kN}$
- Beban $W_2 = \frac{a}{\cos \alpha} \times c_{ti} \times L \times Q_w$
 $= \frac{1,333}{\cos 30} \times 0,3 \times 4 \times 0,25$
 $= 0,4607 \text{ kN}$
- Beban $W_3 = \frac{1}{2} \frac{a}{\cos \alpha} \times c_{ti} \times L \times Q_w$
 $= \frac{1}{2} \times \frac{1,333}{\cos 30} \times 0,3 \times 4 \times 0,25$
 $= 0,2304 \text{ kN}$
- Beban $W_4 = \frac{1}{2} \frac{a}{\cos \alpha} \times c_{is} \times L \times Q_w$
 $= \frac{1}{2} \times \frac{1,333}{\cos 30} \times -0,6 \times 4 \times 0,25$
 $= -0,4607 \text{ kN}$
- Beban $W_5 = \frac{a}{\cos \alpha} \times c_{is} \times L \times Q_w$

$$= \frac{1,333}{\cos 30} \times -0,6 \times 4 \times 0,25$$

$$= -0,9215 \text{ kN}$$

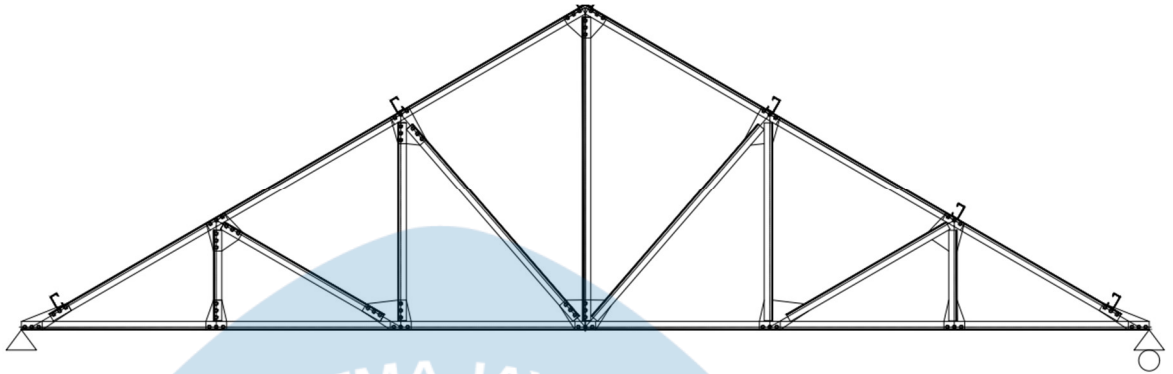
- Beban $W_6 = \frac{\left(\frac{a}{2} + b\right)}{\cos \alpha} \times \text{cis} \times L \times Q_w$

$$= \frac{\left(\frac{1,333}{2} + 1\right)}{\cos 30} \times -0,6 \times 4 \times 0,25$$

$$= -1,1536 \text{ kN}$$



Perencanaan Atap Bangunan Office



Gambar 2.5 Perencanaan rangka atap bangunan office

Data yang diketahui

$$\theta = 30^\circ$$

$$\text{Jarak antar kuda-kuda} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Massa atap genteng metal} = 5 \text{ kg/m} = 0,05 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Massa plafond} = 20 \text{ kg} = 0,2 \text{ kN}$$

$$\text{Berat gording asumsi} = 4,06 \text{ kg/m} = 0,0406 \text{ kN/m}$$

$$F_y \text{ baja} = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Tiupan angin} = 0,25 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jarak antar gording} = 1,75 \text{ m} = 1750 \text{ mm}$$

Beban gording

$$\text{Berat sendiri} = 3,59 \text{ kg/m} = 0,356 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat atap} = \frac{\text{Jarak antar gording}}{\cos \alpha} \times \text{berat atap}$$

$$= \frac{1,750 \text{ m}}{\cos 30} \times 0,05 \text{ kN/m} = 0,101036$$

$$\text{Berat plafond} = \text{Jarak antar gording} \times \text{berat plafond}$$

$$= 1,750 \text{ m} \times 0,2 \text{ kN} = 0,350$$

$$\text{Dead load (D) rencana gording } q = 0,491636 \text{ kN/m}$$

Beban hidup (L) diambil sebesar 1 kN

Rencana Momen Gording

$$M_{3,D} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot \cos \alpha \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 0,491636 \times \cos 30 \times 4^2$$

$$= 0,851539 \text{ kNm}$$

$$M_{3,L} = \frac{1}{4} \cdot p \cdot \cos \alpha \cdot L$$

$$= \frac{1}{4} \times 1 \times \cos 30 \times 4$$

$$= 0,866025 \text{ kNm}$$

$$M_{3,u} = 1,4 M_{3,D}$$

$$= 1,4 \times 0,851539$$

$$= 1,192155 \text{ kNm}$$

$$M_{3,u} = 1,2 M_{3,D} + 1,6 M_{3,L}$$

$$= 1,2 \times 0,85154 + 1,6 \times 0,866$$

$$= 2,207488 \text{ kNm}$$

$$\text{Dipakai} = 2,407488 \text{ kNm}$$

$$M_{2,D} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot \sin \alpha \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 0,491636 \times \sin 30 \times \left(\frac{4}{3}\right)^2$$

$$= 0,054626 \text{ kNm}$$

$$M_{2,L} = \frac{1}{4} \cdot p \cdot \sin \alpha \cdot \left(\frac{L}{3}\right)$$

$$= \frac{1}{4} \times 1 \times \sin 30 \times \left(\frac{4}{3}\right)$$

$$= 0,16667 \text{ kNm}$$

$$M_{2,u} = 1,2 M_{2,D} + 1,6 M_{2,L}$$

$$= 1,2 \times 0,054626 + 1,6 \times 0,16667$$

$$= 0,332218 \text{ kNm}$$

$$M_{2,u} = 1,4 M_{2,D}$$

$$= 1,4 \times 0,054626$$

$$= 0,076477 \text{ kNm}$$

$$\text{Dipakai} = 0,332218 \text{ kN}$$

Cek Tegangan Pada Profil C

Dipilih profil C100*50*20 dengan tebal 2,3:

$$I_3=I_x=810.000 \text{ mm}^4 \quad ; \quad W_3=S_x=16100 \text{ mm}^3$$

$$I_2=I_y=190.000 \text{ mm}^4 \quad ; \quad W_2=S_y=6000 \text{ mm}^3$$

Rumus tegangan:

$$\begin{aligned} F_b &= \frac{M_3 \cdot u}{\phi_w 3} + \frac{M_2 \cdot u}{\phi_w 2} \leq f_y \rightarrow f_b = \frac{2,407488}{0,9 \times 16.100} + \frac{0,332218}{0,9 \times 6.000} \leq 240 \text{ MPa} \\ &= 0,000228 \times 10^6 \\ &= 227,6701 \leq 240 \text{ MPa (Aman)} \end{aligned}$$

Cek Defleksi Gording

$$\begin{aligned} S_2 &= \frac{5}{384} \times \frac{q \cos \alpha L^4}{EI} + \frac{1}{48} \times \frac{q \cos \alpha L^3}{EI} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{0,491636 \times \cos 30 \times 4.000^4}{200.000 \times 810.000} + \frac{1}{48} \times \frac{1 \times \cos 30 \times 4.000^3}{200.000 \times 810.000} \\ &= 8,767818 \text{ mm} \\ S_3 &= \frac{5}{384} \times \frac{q \sin \alpha}{EI} \times \left(\frac{L}{3}\right)^4 + \frac{1}{48} \times \frac{p \sin \alpha}{EI} \times \left(\frac{L}{3}\right)^3 \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{0,491636 \times \sin 30}{200.000 \times 810.000} \times \left(\frac{4.000}{3}\right)^4 + \frac{1}{48} \times \frac{1 \times \sin 30}{200.000 \times 810.000} \times \left(\frac{4.000}{3}\right)^3 \\ &= 0,26686 \text{ mm} \\ S &= \sqrt{S_3^2 + S_2^2} \leq \frac{1}{240} L \\ &= \sqrt{8,767818^2 + 0,26686^2} \leq \frac{1}{240} \times 4.000 \\ &= 8,771878 \leq 16,6667 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

Sagrod Bangunan Office

Jumlah gording di bawah nok (n) = 3

- Rencana sag – rod

$$\begin{aligned} F_t \cdot D &= n \left(\frac{1}{3} \times q \times \sin \alpha \right) \\ &= 3 \left(\frac{4}{3} \times 0,491636 \times \sin 30 \right) \\ &= 0,983273 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_t \cdot L &= \frac{n}{2} \times p \times \sin \alpha \\
 &= \frac{3}{2} \times 1 \times \sin 30 \\
 &= 0,75 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned}
 F_t \cdot U &= 1,4 F_t \cdot D \\
 &= 1,4 \times 0,98373 \\
 &= 1,376582 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_t \cdot U &= 1,2 F_t \cdot D + 1,6 F_t \cdot L \\
 &= 1,2 \times 0,983273 + 1,6 \times 0,75 \\
 &= 2,379927 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dipilih → 2,379927 kN

- Luas batang sag – rod yang dibutuhkan

$$A_{sr} = \frac{F_t \cdot U \cdot 10^3}{\sigma_{fy}} = \frac{2,379927 \times 10^3}{0,9 \times 240} = 11,01818 \text{ kN}$$

Beban Kuda-Kuda

Beban P_1 :

- Berat sendiri kuda-kuda $= \frac{a}{2} \times \text{berat kuda-kuda}$
 $= \frac{1,750}{2} \times 0,5$
 $= 0,4375 \text{ kN}$
- Berat gording $= L \times \text{berat gording per m}$
 $= 4 \times 0,0406$
 $= 0,1624 \text{ kN}$
- Berat atap $= \frac{\left(\frac{a}{2} + b\right)}{\cos \alpha} \times L \times \text{berat atap}$
 $= \frac{\left(\frac{1,750}{2} + 1\right)}{\cos 30} \times 4 \times 0,05$
 $= 0,433013 \text{ kN}$
- Berat plafond $= \left(\frac{a}{2} + b\right) \times L \times \text{berat plafond}$
 $= \left(\frac{1,750}{2} + 1\right) \times 4 \times 0,2$
 $= 1,5 \text{ kN}$

Beban $P_1 = \text{berat kuda-kuda sendiri} + \text{berat gording} + \text{berat atap} + \text{berat plafond}$
 $= 2,532913 \text{ kN}$

- Beban P_2 :
- Berat sendiri kuda-kuda $= a \times \text{berat kuda-kuda}$
 $= 1,750 \times 0,5$
 $= 0,875 \text{ kN}$
 - Berat gording $= L \times \text{berat gording per m}$
 $= 4 \times 0,0406$
 $= 0,1624 \text{ kN}$
 - Berat atap $= \frac{a}{\cos \alpha} \times L \times \text{berat atap}$
 $= \frac{1,750}{\cos 30} \times 4 \times 0,05$
 $= 0,404145 \text{ kN}$
 - Berat plafond $= a \times L \times \text{berat plafond}$
 $= 1,750 \times 4 \times 0,2$

$$=1,4 \text{ kN}$$

$$\text{Beban } P_2 = 2,841545 \text{ kN}$$

Beban P_3 :

- Berat sendiri kuda-kuda= $a \times$ berat kuda-kuda

$$=1,750 \times 0,5$$

$$=0,875 \text{ kN}$$

- Berat gording= $2 \times L \times$ berat gording per m

$$=2 \times 4 \times 0,0406$$

$$=0,3248 \text{ kN}$$

- Berat atap= $\frac{a}{\cos \alpha} \times L \times$ berat atap

$$= \frac{1,750}{\cos 30} \times 4 \times 0,05$$

$$=0,404145 \text{ kN}$$

- Berat plafond= $a \times L \times$ berat plafond

$$=1,750 \times 4 \times 0,2$$

$$=1,4 \text{ kN}$$

$$\text{Beban } P_3 = 3,003945 \text{ kN}$$

Perencanaan Beban Angin

- Beban $W_1 = \frac{\left(\frac{a}{2} + b\right)}{\cos \alpha} \times cti \times L \times Q_w$

$$= \frac{\left(\frac{1,750}{2} + 1\right)}{\cos 30} \times 0,3 \times 4 \times 0,25$$

$$=0,649519 \text{ kN}$$

- Beban $W_2 = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)}{\cos \alpha} \times cti \times Q_w$

$$= \frac{\left(\frac{1,750}{2}\right)}{\cos 30} \times 0,3 \times 0,25$$

$$=0,606218 \text{ kN}$$

- Beban $W_3 = \frac{1}{2} \frac{a}{\cos \alpha} \times cti \times L \times Q_w$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1,750}{\cos 30} \times 0,3 \times 4 \times 0,25$$

$$=0,303109 \text{ kN}$$

- Beban $W_4 = \frac{1}{2} \frac{a}{\cos \alpha} \times \text{cis} \times L \times Q_w$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1,750}{\cos 30} \times -0,6 \times 4 \times 0,25$$

$$= -0,60622 \text{ kN}$$

- Beban $W_5 = \frac{a}{\cos \alpha} \times \text{cis} \times L \times Q_w$

$$= \frac{1,750}{\cos 30} \times -0,6 \times 4 \times 0,25$$

$$= -1,21244 \text{ kN}$$

- Beban $W_6 = \frac{\left(\frac{a}{2} + b\right)}{\cos \alpha} \times \text{cis} \times L \times Q_w$

$$= \frac{\left(\frac{1,750}{2} + 1\right)}{\cos 30} \times -0,6 \times 4 \times 0,25$$

$$= -1,29904 \text{ kN}$$

$$\text{Konstanta torsi (J)} = \frac{(d^1 + b^1) t^3}{3} = \frac{(57 + 57) 6^3}{3} = 8208 \text{ mm}^3$$

$$\text{Modulus Geser Baja (G)} = 77200$$

$$\text{Properti profil gabungan } 2160 \times 606 \quad t_p = 9 \text{ mm}$$

$$A_g = 2 \times 691 = 1.382 \text{ mm}^2$$

$$I_{xg} = 2 \times 227.900 = 455.800 \text{ mm}^2$$

$$I_{yg} = \left(I_{xg} + A_g \left(cy + \frac{t_p}{2} \right)^2 \right)$$

$$= \left(455.800 + 1.382 \left(17 + \frac{9}{2} \right)^2 \right)$$

$$= 1.124.688 \text{ mm}^2$$

$$r_{xg} = 18,2 \text{ mm}$$

$$X_o = 0$$

$$Y_o = C_y - \frac{t}{2} = 17 - \frac{6}{2} = 14 \text{ mm}$$

$$\bar{r}_o = \frac{I_x + I_y}{A} + X_o^2 + Y_o^2 = \frac{455.800 + 1.124.688}{1.328} + 0^2 + 14^2$$

$$= 1.339,6237^2$$

$$H=1-\frac{X_o^2+Y_o^2}{\bar{r}_o}=1-\frac{0^2+14^2}{1.399,6237}=0,8537$$

Batang Tekan

- Pemeriksaan Tekuk Lentur

$$\pi=\frac{b}{t}=\frac{60}{6}=10$$

$$\pi_r=0,45\sqrt{\frac{E}{f_y}}=0,45\sqrt{\frac{200.000}{240}}=12,99$$

$\pi=10 < \pi_r=12,99$, maka penampang non langsing.

- Pemeriksaan Tekuk Lentur (Terhadap Sumbu x – x)

$$\frac{KL}{r_x}=\frac{1 \times 2.086,32}{18,2}=114,633$$

$$F_e=\frac{n^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}=\frac{n^2 \times 200.000}{114,633^2}=150,214 \text{ MPa}$$

$$4,71\sqrt{\frac{E}{f_y}}=4,71\sqrt{\frac{200.000}{240}}=135,97$$

$$\frac{KL}{r_x}=114,633 \leq 4,71\sqrt{\frac{E}{f_y}}=135,97$$

sehingga F_{cr} diambil dari persamaan: $F_{cr}=0,658 \frac{f_y}{f_e} \cdot f_y$

$$F_{cr}=0,658 \frac{f_y}{f_e} \cdot f_y$$

$$=0,658 \left(\frac{240}{150,214} \right) \cdot 240$$

$$=122,9666 \text{ MPa}$$

- Pemeriksaan Terhadap Tekuk Lentur Torsi

$$a=2.086,32 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{r}=\frac{2.086,32}{18,2}=114,633 > 40 \text{ maka digunakan } \left(\frac{KL}{r}\right) m$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right) m=\sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 + \left(\frac{Kia}{r_i}\right)^2}=\sqrt{\left(\frac{1 \times 2.086,32}{18,2}\right)^2 + 0,5 \times 114,633^2}$$

$$=128,164$$

karena $\left(\frac{KL}{r}\right) m = 128,164 \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 135,97$

maka menggunakan persamaan: $F_{cr} = 0,658 \frac{f_y}{f_e} \cdot f_y$

$$F_e = \frac{n^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{n^2 \times 200.000}{128,164^2} = 120,1713 \text{ MPa}$$

$$F_{cry} = 0,658 \frac{f_y}{f_e} \cdot f_y$$

$$= 0,658 \left(\frac{240}{120,1713}\right) \cdot 240$$

$$= 104,0354 \text{ MPa}$$

$$F_{crz} = \frac{GJ}{Ax\bar{r}_o^2} = \frac{77.200 \times 8.208}{1.382 \times 1.339,6237} = 342,266 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H}\right) \left(1 - \frac{4F_{cry} \cdot F_{crz} \cdot H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}\right)$$

$$= \left(\frac{104,0354 + 342,266}{2 \times 0,8537}\right) \left(1 - \frac{4 \times 104,0354 \times 342,266 \times 0,8537}{(104,0354 + 342,266)^2}\right)$$

$$= 99,4332 \text{ MPa}$$

Kuat Tekan Desain

$$F_{cr} = 122,9666 \text{ MPa (Pemeriksaan tekuk lentur)}$$

$$F_{cr} = 99,4332 \text{ MPa (Pemeriksaan terhadap tekuk lentur torsi)}$$

Dipilih F_{cr} yang memiliki nilai lebih kecil yaitu $F_{cr} = 99,437 \text{ MPa}$

$$\phi_c P_n = 0,9 \times F_{cr} \times A_g = 0,9 \times 99,432 \times 1.382 = 123,675 \text{ KN}$$

$$\phi_c P_n = 123,675 \text{ KN} > \text{Gaya tekanan maksimum} = 8,145 \text{ KN (Aman)}$$

Batang Tarik

- Perhitungan Kelangsingan Batang Tarik

$$\pi = \frac{L}{r} = \frac{2.407}{18,2} = 132,2527 < 300 \text{ (OK)}$$

- Pemeriksaan Tarik Leleh

$$\phi_c P_n = 0,9 F_y \cdot A_g = 0,9 \times 240 \times 1.382 = 298,512 \text{ kN}$$

$$\phi_c P_n = 298,512 \text{ kN} > P_u = 13,69 \text{ (Aman)}$$

2.7 Perencanaan Sambungan Baut

Pemeriksaan leleh tarik pada penampang bruto

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

$$F_u = 370 \text{ Mpa}$$

$$D_{\text{baut}} = 12 \text{ mm}$$

$$A_g = 1382 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n = 0,9 \times F_y \times A_g$$

$$= 0,9 \times 240 \times 1382$$

$$= 298512 \text{ N}$$

$$= 298,512 \text{ kN} > 13,69 \text{ kN (Aman)}$$

Pemeriksaan leleh tarik pada penampang bruto

$$A_n = (A_g - (2 \times (D_{\text{baut}} + 2))) \times \text{profil}$$

$$= (1382 - (2 \times (12 + 2))) \times 6$$

$$= 1214 \text{ mm}^2$$

$$\text{Max. } A_n = 0,85 \times A_g$$

$$= 0,85 \times 1382$$

$$= 1174,7 \text{ mm}^2$$

$$A_e = A_{n\text{max}} = 1174,7 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n = 0,75 \times f_u \times A_e$$

$$= 0,75 \times 370 \times 1174,7$$

$$= 211446 \text{ N}$$

$$= 211,446 \text{ kN} > 13,69 \text{ kN (Aman)}$$

Kekuatan Tumpu Baut

$$R_n = 2,4 \times d \times t \times f_u$$

$$= 2,4 \times 12 \times 6 \times 370$$

$$= 63936 \text{ N}$$

$$= 63,936 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 63,936$$

$$= 47,952 \text{ kN}$$

Kekuatan Creser Baut

$$R_n = F_{nv} A_b$$

$$= 372 \times (1/4 \times n \times 12^2) \times 2$$

$$= 84144,22 \text{ N}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 84144,22 \text{ N}$$

$$= 63108,31 \text{ N}$$

$$= 63,10831 \text{ kN}$$

Dipilih nilai terkecil dari kekuatan tumpu baut dan kekuatan geser baut yaitu

$$\phi R_n = 47,952 \text{ kN.}$$

Perhitungan Jumlah Baut

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut} &= \frac{\text{gaya tarik}}{\text{kuat tumpu}} \\ &= \frac{210}{47,952} \\ &= 2,919 = 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Perencanaan Jarak Baut

$$D_{\text{baut}} = 18 \text{ mm}$$

Jarak minimum antar as baut (s)

$$\begin{aligned} S &= 2 \frac{2}{3} \times D_{\text{baut}} \\ &= 2,667 \times 18 \\ &= 48,006 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak ke tepi minimal 24 mm

$$\begin{aligned} l_e &= \frac{1}{2} \times S \\ &= \frac{48,006}{2} = 24,003 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan Block Shear

$$\text{Kondisi leleh} = 0,9 \times A_g \times f_y$$

$$= 0,9 \times 1382 \times 240 = 298512 \rightarrow 29,8512 \text{ ton} \rightarrow 292,74 \text{ kN}$$

$$\text{Kondisi fraktur} = 1 - \left(\frac{X}{L} \right) < 0,9$$

$$= 1 - \left(\frac{16,9}{48,006} \right) = 0,648 < 0,9$$

$$A_{\text{nett}} = A_g - \text{lubang} \times t$$

$$= 1382 - 20 \times 6 = 1262 \text{ mm}^2$$

$$A_e = \text{fraktur}(u) \times A_{\text{nett}} \\ = 0,648 \times 1262 = 817,776 \text{ mm}^2$$

$$N_u \leq \phi N_n = 0,75 \times 817,776 \times 370 = 22,69 \text{ ton} \rightarrow 222,51 \text{ kN}$$

Kondisi Geser Blok

$$A_{gt} = 6 \times 30 = 180 \text{ mm}^2 \quad (\text{luas kotor geser})$$

$$A_{gv} = 6 \times 125 = 750 \text{ mm}^2 \quad (\text{luas kotor tarik})$$

$$A_{nt} = A_{gt} - \frac{1}{2}(\text{lub}) \times (t) = 180 - \frac{1}{2}(20)(6) = 120 \text{ mm}^2 \quad (\text{luas netto geser})$$

$$A_{nv} = A_{gv} - 2 \frac{1}{2}(\text{lubang}) \times (t) = 750 - 2 \frac{1}{2}(20)(6) = 450 \text{ mm}^2 \quad (\text{luas netto tarik})$$

$$F_u \cdot A_{nt} = 370 \times 120 = 4,44 \text{ ton} \rightarrow 43,54 \text{ kN}$$

$$0,6 F_u \cdot A_{nv} = 0,6 \times 370 \times 450 = 9,99 \text{ ton} \rightarrow 97,9685 \text{ kN}$$

$$\text{Maka } F_u \cdot A_{nt} < 0,6 F_u \cdot A_{nv}$$

Kekuatan tarik nominal kondisi geser blok

$$N_n = 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + F_y \cdot A_{gt} \\ = 9,99 + 240 \times 180 = 1431 \text{ ton} \rightarrow 140,33 \text{ kN}$$

Kuat tarik nominal terfaktor

$$N_u \leq \phi N_n = 0,75 \times 14,31 = 10,7325 \text{ ton} \rightarrow 105,25 \text{ kN}$$

Maka digunakan kondisi terkecil yaitu 10,7325 ton \rightarrow 105,25 kN

2.8 Perancangan Pelat Lantai

Perancangan pelat lantai pada Gedung Museum Seni Kontemporer terdiri dari penulangan pelat 1 arah dan penulangan pelat 2 arah. Penentuan jenis pelat dapat diketahui dari perhitungan pelat bertumpu pada keempat sisi dan rasio $L_y/L_x \geq 2$. Jika lebih besar dari 2 maka merupakan tipe pelat 1 arah dan jika kurang dari 2 maka merupakan tipe pelat 2 arah.

2.8.1 Perencanaan Pelat Lantai Bangunan Kuliner

Menentukan tebal plat lantai:

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

$$L_x = 3 \text{ m}$$

(kondisi tumpuan satu ujung menerus)

Identifikasi plat:

$$\frac{L_x}{L_y} = \frac{3}{4} = 1,33 \text{ (plat 2 arah)}$$

Menentukan tebal plat 2 arah :

$$h = \frac{L}{24} = \frac{3000}{24} = 125 \text{ mm (digunakan 130 mm)}$$

Menentukan dimensi balok:

$$\text{Tinggi minimum balok} = h = \frac{L}{16} = \frac{4000}{16} = 25 \text{ (dibulatkan menjadi 40 cm)}$$

$$\text{Lebar balok} = b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 25 = 16,67 \text{ (dibulatkan menjadi 30 cm)}$$

Diketahui balok

$$\text{Panjang bentang} = 4000 \text{ mm}$$

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

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

Selimut beton = 20 mm

$$D \text{ sengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan utama} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Kolom} = 400 \times 400 \text{ mm}$$

Cek syarat dimensi penampang balok SRPMK

$$d = (h \times 10) - (\text{selimut beton} \times 10) - \text{dsengkang} - \left(\frac{\text{dtulangan utama}}{2}\right)$$

$$= (40 \times 10) - (2 \times 10) - 8 - 4 = 368 \text{ mm}$$

$$L_n = \text{Panjang bentang} - \text{dimensi kolom} = 4000 - 400 = 3600 \text{ mm} > 4 d \text{ (ok)}$$

$$0,3 h = 0,3 \times 400$$

$$= 120 \text{ mm}$$

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

$$0,3 h < b_w \text{ (ok)}$$

Menentukan tebal plat lantai

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

$$L_x = 2,5 \text{ m}$$

(kondisi tumpuan satu ujung menerus)

Identifikasi plat:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{4}{2,5} = 1,6 \text{ (plat 2 arah)}$$

Menentukan tebal plat 2 arah :

$$h = \frac{L}{24} = \frac{2500}{24} = 104,167 \text{ mm (digunakan 130 mm)}$$

Menentukan dimensi balok:

$$\text{Tinggi minimum balok} = h = \frac{L}{16} = \frac{4000}{16} = 250 \text{ mm (dibulatkan menjadi 400 mm)}$$

$$\text{Lebar balok} = b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 250 = 166,67 \text{ mm (dibulatkan menjadi 300 mm)}$$

Diketahui balok

$$\text{Panjang bentang} = 4000 \text{ mm}$$

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

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

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$D \text{ sengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan utama} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Kolom} = 300 \times 300 \text{ mm}$$

Cek syarat dimensi penampang balok SRPMK

$$d = (h \times 10) - (\text{selimut beton} \times 10) - \text{dsengkang} - \left(\frac{\text{dtulangan utama}}{2}\right)$$

$$= (40 \times 10) - (2 \times 10) - 8 - 4 = 368 \text{ mm}$$

$$L_n = \text{Panjang bentang} - \text{dimensi kolom} = 4000 - 300 = 3700 \text{ mm} > 4 d \text{ (ok)}$$

$$0,3 h = 0,3 \times 400$$

$$= 120 \text{ mm}$$

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

$$0,3 h < b_w \text{ (ok)}$$

Menentukan tebal plat lantai

$$L_y : 5,5 \text{ m}$$

$$L_x : 2 \text{ m}$$

(kondisi tumpuan satu ujung menerus)

Identifikasi plat:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{2}{5,5} = 2,75 \text{ (plat 1 arah)}$$

Menentukan tebal plat 1 arah :

$$h = \frac{L}{24} = \frac{2000}{24} = 83,33 \text{ mm (digunakan 130 mm)}$$

Menentukan dimensi balok:

$$\text{Tinggi minimum balok} = h = \frac{L}{16} = \frac{5500}{16} = 34,375 \text{ (dibulatkan menjadi 40 cm)}$$

$$\text{Lebar balok} = b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 34,375 = 22,917 \text{ (dibulatkan menjadi 30 cm)}$$

Diketahui balok

$$\text{Panjang bentang} = 5500 \text{ mm}$$

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

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

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$D \text{ sengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$D \text{ tulangan utama} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Kolom} = 400 \times 400 \text{ mm}$$

Cek syarat dimensi penampang balok SRPMK

$$d = (h \times 10) - (\text{selimut beton} \times 10) - d_{\text{sengkang}} - \left(\frac{d_{\text{tulangan utama}}}{2}\right)$$
$$= (40 \times 10) - (2 \times 10) - 8 - 4 = 368 \text{ mm}$$

$$L_n = \text{Panjang bentang} - \text{dimensi kolom} = 5500 - 400 = 5100 \text{ mm} > 4 d \text{ (ok)}$$

$$0,3 h = 0,3 \times 400$$

$$= 120 \text{ mm}$$

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

$$0,3 h < b_w \text{ (ok)}$$

Perencanaan Plat 2 Arah

Momen statik terfaktor dalam arah memanjang:

$$M_{ol} = \frac{(q_u \cdot L_2 \cdot L_n l^2)}{8} = \frac{13,568 \times 2,5 \times 3,6^2}{8} = 54,95$$

Momen statik terfaktor dalam arah memendek:

$$M_{os} = \frac{(q_u \cdot L_2 \cdot L_n l^2)}{8} = \frac{13,568 \times 4 \times 2,1^2}{8} = 29,917$$

Tabel 2.7 Momen Statik Arah Memendek

Arah memendek	Negatif	Positif	
Momen balok	10,41351	5,607276	kNm
Momen plat	1,837679	0,989519	kNm
Momen balok + plat	12,25119	6,596796	kNm
Momen lajur tengah	7,195144	3,874308	kNm

Tabel 2.8 Momen Statik Arah Memanjang

Arah memanjang	Negatif	Positif	
Momen balok	19,1296	10,2991	kNm
Momen plat	3,3753	1,81748	kNm
Momen balok + plat	22,5022	12,1166	kNm
Momen lajur tengah	13,2156	7,11608	kNm

Tabel 2.9 Rekapitulasi Tulangan Arah Memanjang

	Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M-	M+	M-	M+
Mu	3,375	1,817	12,216	7,116
P	0,000801	0,000430	0,00321	0,00170
As	84,912	45,553	340,647	180,642
As min	260	260	260	260
S	591,970	1103,439	147,559	278,260
Tulangan	D8-300	D8-300	D8-100	D8-250

Tabel 2.10 Rekapitulasi Tulangan Arah Memendek

	Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	M-	M+	M-	M+
Mu	1,838	0,990	7,195	3,874
P	0,000	0,00023	0,00172	0,00092
As	46,062	24,753	182,685	97,581
As min	260	260	260	260
S	1091,262	2030,672	275,149	515,115
Tulangan	D8-300	D8-300	D8-250	D8-300

2.8.2 Perencanaan Pelat Lantai Bangunan Office

Menentukan tebal plat lantai:

$$L_y = 3 \text{ m}$$

$$L_x = 3 \text{ m}$$

Identifikasi plat:

$$\frac{L_x}{L_y} = \frac{3}{3} = 1 \text{ (plat 2 arah)}$$

Menentukan tebal plat 2 arah :

$$h = \frac{L}{24} = \frac{3000}{24} = 125 \text{ mm (digunakan 130 mm)}$$

Menentukan dimensi balok:

$$\text{Tinggi minimum balok} = h = \frac{L}{16} = \frac{300}{16} = 18,75 \text{ (dibulatkan menjadi 20 cm)}$$

$$\text{Lebar balok} = b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 18,75 = 12,5 \text{ (dibulatkan menjadi 15 cm)}$$

Menentukan dimensi kolom:

$$\text{Panjang bentang} = 3000 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

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

$$\text{selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$d \text{ sengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$d \text{ tulangan utama} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi kolom} = \text{dimensi lebar balok tertinggi} + (2 \times 5)$$

$$= 20 + 10$$

$$= 300 \text{ mm}$$

Cek syarat dimensi penampang:

$$L_n > 4d \text{ (592 mm)}$$

$$d = 200 - 40 - 8 - 4$$

$$= 148 \text{ mm}$$

$$L_n = 3000 - 300$$

$$= 2700 > 4d \text{ (ok)}$$

$$B_w > 0,3h \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

Dikarenakan nilai B_w hanya 150 mm (< 250 mm) maka digunakan 250 mm.

$$\begin{aligned} 0,3h &= 0,3 \times 200 \\ &= 60 \text{ mm} < B_w \text{ (ok)} \end{aligned}$$

Menentukan tebal plat lantai:

$$L_y = 4,5 \text{ m}$$

$$L_x = 1,5 \text{ m}$$

Identifikasi plat:

$$\frac{L_x}{L_y} = \frac{4,5}{1,5} = 3 \text{ (plat 1 arah)}$$

Menentukan tebal plat 1 arah :

$$h = \frac{L}{24} = \frac{1500}{24} = 62,5 \text{ mm (digunakan 130 mm)}$$

Menentukan dimensi balok:

$$\text{Tinggi minimum balok} = h = \frac{L}{16} = \frac{4500}{16} = 28,125 \text{ (dibulatkan menjadi 30 cm)}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar balok} &= b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 28,125 = 18,75 \text{ (dibulatkan menjadi 25 cm)} \end{aligned}$$

Menentukan dimensi kolom:

$$\text{Panjang bentang} = 4000 \text{ mm}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

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

$$\text{selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$d \text{ sengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$d \text{ tulangan utama} = 8 \text{ mm}$$

Cek syarat dimensi penampang:

$$L_n > 4d \text{ (592 mm)}$$

$$\begin{aligned} d &= 300 - 40 - 8 - 4 \\ &= 248 \text{ mm} \end{aligned}$$

$L_n > 4d$ maka menentukan ukuran kolom lingkaran baru:

$$\begin{aligned} \text{Dimensi kolom} &= \text{Dimensi balok tertinggi} + (2 \times 5) \\ &= 25 + 10 \\ &= 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_n &= 4500 - 350 \\ &= 4150 > 4d \text{ (ok)} \end{aligned}$$

$$B_w > 0,3h \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

Dikarenakan nilai $B_w < 250 \text{ mm}$ maka digunakan 250 mm .

$$\begin{aligned} 0,3h &= 0,3 \times 300 \\ &= 90 \text{ mm} < B_w \text{ (ok)} \end{aligned}$$

Menentukan tebal plat lantai:

$$\begin{aligned} L_y &: 4 \text{ m} \\ L_x &: 2,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Identifikasi plat:

$$\frac{L_x}{L_y} = \frac{4}{2,5} = 1,6 \text{ mm (plat 2 arah)}$$

Menentukan tebal plat 2 arah :

$$h = \frac{L}{24} = \frac{2500}{24} = 104,17 \text{ mm (digunakan } 130 \text{ mm)}$$

Menentukan dimensi balok:

$$\text{Tinggi minimum balok} = h = \frac{L}{16} = \frac{400}{16} = 25 \text{ (dibulatkan menjadi } 30 \text{ cm)}$$

$$\text{Lebar balok} = b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 25 = 16,67 \text{ (dibulatkan menjadi } 20 \text{ cm)}$$

Menentukan dimensi kolom:

$$\text{Panjang bentang} = 4000 \text{ mm}$$

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

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

$$\text{selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$d \text{ sengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$d \text{ tulangan utama} = 8 \text{ mm}$$

Cek syarat dimensi penampang:

$$L_n > 4d \text{ (592 mm)}$$

$$\begin{aligned} d &= 300 - 40 - 8 - 4 \\ &= 248 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $L_n > 4d$, maka menentukan ukuran kolom lingkaran baru:

$$\begin{aligned} \text{Dimensi kolom} &= \text{Dimensi balok tertinggi} + (2 \times 5) \\ &= 25 + 10 \\ &= 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

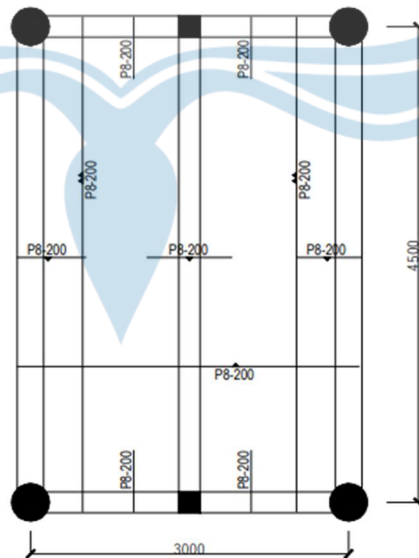
$$\begin{aligned} L_n &= 4000 - 300 \\ &= 3700 > 4d \text{ (ok)} \end{aligned}$$

$$B_w > 0,3h \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

Dikarenakan nilai $B_w < 250 \text{ mm}$ maka digunakan 250 mm .

$$\begin{aligned} 0,3h &= 0,3 \times 250 \\ &= 75 \text{ mm} < B_w \text{ (ok)} \end{aligned}$$

Perencanaan Pelat 1 Arah Bangunan Office



Gambar 2.6 Pelat 1 arah bangunan office

Pembebanan struktur pelat lantai

$$L_y : 4500 \text{ mm}$$

Lx : 1500 mm

Rekapitulasi beban konsentrasi merata:

$$\begin{aligned}\text{Beban pelat sendiri} &= t \text{ pelat} \times \text{bj beton bertulang} \\ &= 0,13 \times 2400 \\ &= 3,12 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban pasir} &= t \text{ pasir} \times \text{bj pasir} \\ &= 0,05 \times 1800 \\ &= 0,9 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban spesi} &= t \text{ spesi} \times \text{bj beton biasa} \\ &= 0,02 \times 2200 \\ &= 0,44 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban keramik} &= t \text{ keramik} \times \text{bj keramik} \\ &= 0,01 \times 2200 \\ &= 0,22 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Beban plafond} = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban MEP} = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Dead Load} = 5,13 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Live Load} = 11,97 \text{ kN/m}^2 \text{ (sesuai fungsi bangunan)}$$

Kombinasi pembebanan:

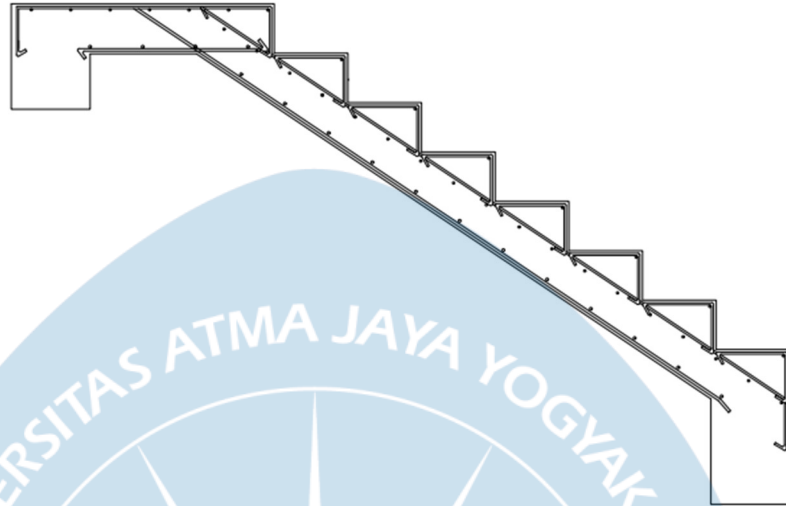
$$q_d = 8,01 \text{ kN/m}^2$$

$$q_l = 11,97 \text{ kN/m}^2$$

$$q_u = 25,308 \text{ kN/m}^2$$

2.9 Perencanaan Tangga

2.9.1 Tangga Kuliner



Gambar 2.7 Tangga Bangunan Kuliner

Diketahui:

Lebar lantai (L_1) = 3000 mm

Lebar borders = 1500 mm

Antrede (A) = 300 mm

Optrede (O) = 150 mm

Tebal plat tangga = 150 mm

Tinggi antar lantai (Het) = 3000 mm

- Jumlah anak tangga (n) = $\frac{H_{et}}{O} = \frac{3000}{150} = 20$ buah
- Panjang tangga (ltg) = $\left(\frac{1}{2} \times \frac{H_{et}}{O} - 1\right) \times A = \left(\frac{1}{2} \times \frac{3000}{150} - 1\right) \times 300$
= 2700 mm
- α (kemiringan) = $\arctan\left(\frac{O}{A}\right) = \arctan\left(\frac{150}{300}\right) = 26,57^\circ$

$$tt = \frac{0,5 \times A \times O}{\sqrt{A^2 + O^2}} = \frac{0,5 \times 300 \times 150}{\sqrt{300^2 + 150^2}} = 67,082 \text{ mm}$$

$$t^1 = t + tt$$

$$= 150 + 67,082 \text{ mm}$$

$$= 217,082 \text{ mm}$$

$$h = \frac{t^1}{\cos \alpha} = \frac{217,082}{\cos 26,57^\circ} = 242,7050983 \text{ mm}$$

$$= 0,2427050983 \text{ m}$$

Berat sendiri tangga + berat anak tangga = h × berat volume beton
= 0,24271 m × 24 kN/m³
= 5,8249 kN/m²

Berat ubin dan spesi = 0,05 × berat volume ubin
= 0,05 × 21
= 1,05 kN/m²

Berat railing = 1 kN/m²

Total berat qtg = 7,874922

Berat qbd:

Berat sendiri tangga = h × berat volume beban
= 0,15 m × 24 kN/m³ = 3,6 kN/m²

Berat ubin dan spesi = 0,05 × berat volume beban
= 0,05 × 21 kN/m³
= 1,05 kN/m²

Berat railing = 1 kN/m²

Total beban qbd = 5,65 kN/m²

Beban hidup = 4,79 kN/m²

Pembebanan Tumpuan

$$\text{MDL} = 9,0969 \text{ kNm}$$

$$\text{VDL} = 20,9112$$

$$\text{MDD} = 3,2527 \text{ kNm}$$

$$\text{VLL} = 7,5935$$

Kombinasi Pembebanan

$$\text{MU}_1 = 1,4 \text{ D} = 1,4 \times 9,0969 = 12,73566 \text{ kNm}$$

$$\text{MU}_2 = 1,2 \text{ D} + 1,6 \text{ L} = 1,2 \times 9,0969 + 1,6 \times 3,2527 = 16,1206 \text{ kNm}$$

$$\text{VU}_1 = 1,4 \text{ D} = 1,4 \times 20,9112 = 29,38768 \text{ kNm}$$

$$\text{MU}_2 = 1,2 \text{ D} + 1,6 \text{ L} = 1,2 \times 20,9112 + 1,6 \times 7,5935 = 37,33904 \text{ kNm}$$

dipilih:

$$M_{\text{ur}} = 16,1206 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{ur}} = 37,33904 \text{ kNm}$$

Rencana Penulangan Tangga Tumpuan

$$M_{\text{ux}} = M_{\text{ur}} = 16,1206 \text{ kNm} = 16120600 \text{ Nmm}$$

Direncanakan:

$$\text{Tulangan pokok D10 ; } A_s = 1/4 \times n \times 10^2 = 78,5398 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan susut D8 ; } A_s = 1/4 \times n \times 8^2 = 50,26548 \text{ MPa}$$

$$F_y \text{ tulangan pokok} = 420 \text{ MPa}$$

$$F_y \text{ tulangan susut} = 280 \text{ MPa}$$

$$F'c = 25 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{btg} = 150 \text{ mm}$$

$$B_1 = 0,85$$

Perencanaan Tulangan Tumpuan

$$d_s = 150 - 20 - \left(\frac{10}{2}\right) = 125 \text{ mm}$$

$$P = \frac{0,85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{\frac{4M_u}{1,7 \phi f'c b d^2}} \right]$$

$$= \frac{0,85 \times 25}{420} \left[1 - \sqrt{\frac{4 \times 16120600}{1,7 \times 0,9 \times 25 \times 1000 \times 125^2}} \right]$$

$$= 0,00281$$

$$A_{s_{\min}} = 0,002 b h = 0,002 \times 1000 \times 150 = 300 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p b d = 0,00281 \times 1000 \times 125 = 350,91196 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 n d^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \times n \times 10^2 \times 1000}{350,91196} = 223,8163 \text{ mm}$$

Digunakan D10 – 200

Cek Gaya Geser:

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} \times b \times d = 0,17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 1000 \times 125 = 106250 \text{ N}$$

$$= 106,25 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 V_c = 0,75 \times 106,25 = 79,6875 \text{ kN}$$

Tulangan susut:

$$A_{s \min} = 300 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{50,26548 \times 1000}{300} = 167,5516082 \text{ mm}, \text{ maka digunakan D8 – 150}$$

Rencana Tulangan Tumpuan Lapangan

$$M_{ux} = M_{ur} = 16,94888 \text{ kNm} = 16948880 \text{ Nmm}$$

Direncanakan:

$$\text{Tulangan pokok D10 ; } A_s = 1/4 \times n \times 10^2 = 78,53982 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan susut D8 ; } A_s = 1/4 \times n \times 8^2 = 50,26548 \text{ MPa}$$

$$F_y \text{ tulangan pokok} = 420 \text{ MPa}$$

$$F_y \text{ tulangan susut} = 280 \text{ MPa}$$

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

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

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{btg} = 150 \text{ mm}$$

$$B_1 = 0,85$$

Perencanaan Tulangan Lapangan

$$d_s = 150 - 2 - \left(\frac{10}{2} \right) = 125 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{0,85 f_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{\frac{1-4Mu}{1,7\phi f_c b d^2}} \right] \\
 &= \frac{0,85 \times 25}{420} \left[1 - \sqrt{\frac{4 \times 16948880}{1,7 \times 0,9 \times 25 \times 1000 \times 125^2}} \right] \\
 &= 0,002956
 \end{aligned}$$

$$A_{s_{\min}} = 0,002 b h = 0,002 \times 1000 \times 150 = 300 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p b d = 0,002956 \times 1000 \times 125 = 369,5004 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 n d^2 b}{A_s} = \frac{0,25 \times n \times 10^2 \times 1000}{78,53982} = 212,5568 \text{ mm}$$

Digunakan D10 – 200

Cek Gaya Geser:

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \sqrt{f_c} \times b \times d = 0,17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 1000 \times 125 = 106250 \text{ N} \\
 &= 106,25 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 V_c = 0,75 \times 106,250 = 79,6875 \text{ KN}$$

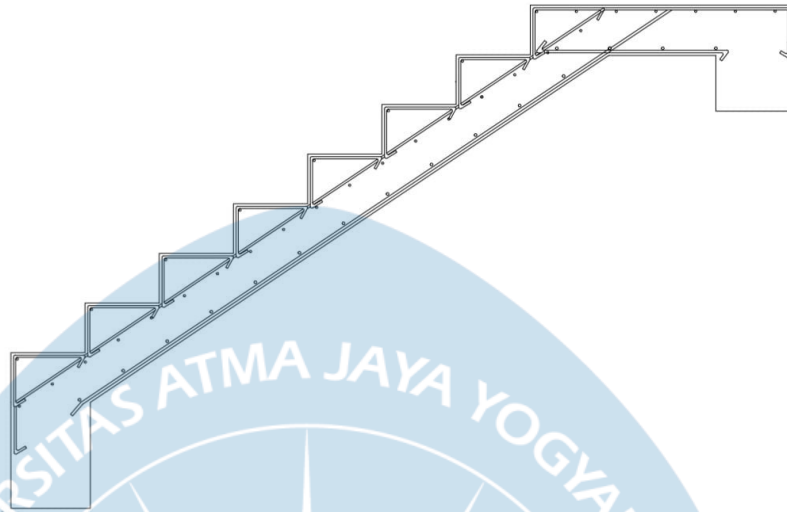
Tulangan susut:

$$A_{s \text{ min}} = 300 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{50,26548 \times 1000}{300} = 167,55161 \text{ mm}$$

Digunakan D8 – 150

2.9.2 Perhitungan Tangga Office



Gambar 2.8 Tangga Bangunan Office

Diketahui:

Lebar lantai = 3000 mm

Lebar border = 1300 mm

Optrade = 170 mm

Antrede = 300 mm

Tebal plat tangga = 150 mm

Tinggi antar lantai = 3000 mm

Jumlah anak tangga (n) = $\frac{\text{Het}}{O} = \frac{3000}{170} = 17,64706$ buah
= 18 buah

$$\begin{aligned} \text{Ltg} &= \left(\frac{1}{2} \times \frac{\text{Het}}{O} - 1 \right) A \\ &= \left(\left(\frac{1}{2} \times 17,64706 \right) - 1 \right) A \\ &= 2.347,059 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \text{arc tan} \left(\frac{O}{A} \right) \\ &= \text{arc tan} \left(\frac{170}{300} \right) \\ &= 0,51554901 \\ &= 29,53878^\circ \end{aligned}$$

Tinggi beban merata:

Luas persegi = Luas segitiga

$$tt \times \sqrt{300^2 + 0^2} = 0,5 \times 300 \times 170$$

$$tt = \frac{0,5 \times 300 \times 170}{\sqrt{300^2 + 170^2}} = 73,9518 \text{ mm}$$

$$t^1 = t + tt$$

$$= 150 + 73,951$$

$$= 223,95188$$

$$\cos \alpha = \frac{t^1}{h}$$

$$h = \frac{t^1}{\cos \alpha} = \frac{223,9518}{\cos 29,53878} = \frac{223,9518}{0,870022} = 257,40939 \text{ mm}$$

Beban qtg

- Berat sendiri tangga + berat anak tangga

$$\frac{\left(\left(\frac{t^1}{1000} \right) \times \text{berat volume} \right)}{\cos \alpha}$$

$$\text{htg} = \frac{\text{tebal plat tangga}}{1000} = \frac{150}{1000} = 0,15$$

$$\text{berat volume}_1 = 24$$

$$\text{berat volume}_2 = 21$$

$$\text{tebal plat} = 140 \text{ mm}$$

- Berat sendiri tangga + berat anak tangga

$$\frac{\left(\frac{223,9518}{1000} \right) \times 24}{0,870022} = 6,177826$$

- Berat ubin dan spesi

$$0,05 \times \text{berat volume}_2$$

$$0,05 \times 21 = 1,05$$

- Berat railing = 1 kN/m²

$$\text{Total pekiraan} = 8,227826$$

Beban qbd

- Beban sendiri tangga = $htg \times \text{berat volume}_1$
 $= 0,15 \times 24$
 $= 3,6$

- Berat ubin & spesi = $0,5 \times \text{berat volume}_2$
 $= 0,05 \times 21$
 $= 1,05$

Total = $3,6 + 1 + 1,5$
 $= 5,65$

Beban hidup = $4,79 \text{ kN/m}^2$

Pembebanan Lapangan

MDL = $9,7129 \text{ kNm}$

VDL = $21,5329 \text{ kNm}$

MLL = $3,4811 \text{ kNm}$

VLL = $7,5935 \text{ kNm}$

M = $9,7129 \text{ kNm}$

V = $21,5428 \text{ kNm}$

Kombinasi

$Mu^1 = 13,59806 \text{ kNm}$

$Mu^2 = 17,22524 \text{ kNm}$ (dipilih)

$Vu^1 = 30,15992 \text{ kNm}$

$Vu^2 = 38,00096 \text{ kNm}$ (dipilih)

Pembagian Tumpuan

MDL = $9,3496 \text{ kNm}$

VDL = $21,5428 \text{ kNm}$

MLL = $3,2527 \text{ kNm}$

VLL = $7,5935 \text{ kNm}$

M = $9,3496 \text{ kNm}$

V = $21,5428 \text{ kNm}$

Kombinasi

$Mu^1 = 13,08944 \text{ kNm}$

$Mu^2 = 16,42384 \text{ kNm}$ (dipilih)

$Vu^1 = 30,15992 \text{ kNm}$

$$Vu^2 = 38,00096 \text{ kNm (dipilih)}$$

Rencana Penulangan Tumpuan

$$Mux = 16,4238 \text{ kNm}$$

Direncanakan

$$\text{Tulangan pokok D8} \quad , As = 78,5328 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan susut D8} \quad , As = 50,5648 \text{ mm}^2$$

$$Fy \text{ tulangan pokok} = 420 \text{ MPa}$$

$$Fy \text{ tulangan susut} = 280 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$ds = 150 - 20 - \left(\frac{10}{2}\right) = 125 \text{ mm}$$

$$P = \frac{0,85 f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4Mux}{1,7\phi f_c b d^2}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 28}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \times 16,4238}{1,7 \times 0,9 \times 28 \times 1000 \times 125^2}} \right)$$

$$= 0,0028526$$

$$As.min = 0,002 \times b \times h_{fg}$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 150 = 300 \text{ mm}$$

$$As.perlu = p.b.ds$$

$$= 0,0028526 \times 1000 \times 125 = 356,569 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times ds^2 \times b}{AS}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{356,569} = 220,2652 \text{ mm}$$

Digunakan D10 – 210

Cek gaya geser

$$VC = 0,17\sqrt{f_c} \times b \times ds = 0,17 \times 1 \times \sqrt{28} \times 1000 \times 125 = 112,444 \text{ kN}$$

$$\phi VC = 0,75 \times \frac{1}{c} = 0,75 \times 112,444 = 84,333 > vur(37,339) \rightarrow \text{aman}$$

Tulangan Susut

$$A_s.\text{min}=300 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{50,26548 \times 1000}{300} = 167,552 \text{ mm}$$

Rencana Penulangan Lapangan

$$M_{ux} = 17,225 \text{ kNm}$$

Direncanakan

$$\text{Tulangan pokok D10} \quad , A_s = 78,5398 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan susut D8} \quad , A_s = 50,2654 \text{ mm}^2$$

$$F_y \text{ tulangan pokok} = 420 \text{ MPa}$$

$$F_y \text{ tulangan susut} = 280 \text{ MPa}$$

$$F'_c = 28 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$d_s = 150 - 20 - \left(\frac{10}{2}\right) = 125 \text{ mm}$$

$$P = 0,0029956$$

$$\begin{aligned} A_s.\text{min} &= 0,002 \times b \times h_{fg} \\ &= 0,002 \times 1000 \times 150 = 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A_s.\text{perlu} = p.\text{b.}d_s$$

$$= 374,45287 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times d_s^2 \times b}{A_s}$$

$$= 209,7453 \text{ mm}$$

2.10 Perancangan Balok Bangunan Kuliner

Diketahui : Sebuah balok anak dengan dimensi (200 mm×250 mm)

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

$$F_y \text{ sengkang} = 280 \text{ Mpa}$$

$$F_y \text{ tulangan utama} = 420 \text{ Mpa}$$

$$V_u \text{ tumpuan} = 30,9063 \text{ kNm}$$

$$V_u \text{ lapangan} = 29,6233 \text{ kNm}$$

$$M_u \text{ tumpuan} = 12,0305 \text{ kNm}$$

Mu lapangan = 21,5338 kNm

Diameter tulangan = 12 mm

Diameter sengkang = 8 mm

Tulangan Longitudinal Tumpuan (Mu = 12,0305 kNm)

$$d = 250 - 40 - 8 - (0,5 \times 12) \\ = 196 \text{ mm}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 |M_n \text{ perlu}|}{0,9 \cdot 0,85 f'c b}} \\ = 196 - \sqrt{196^2 - \frac{2 |12,035 \times 10^6|}{0,9 \times 0,85 \times 25 \times 200}} \\ = 16,764 \text{ mm}$$

$$C = \frac{a}{b} = \frac{16,764}{0,85} = 19,72236$$

$$C \text{ max} = 0,375 d = 0,375 \times 196 = 73,5 \text{ mm}$$

Karena $c < c \text{ max}$ maka $\phi = 0,9$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{a \times 10^6}{\phi \times f_y \text{ tul utama} \times (d - \frac{a}{2})} \\ = \frac{16,764 \times 10^6}{0,9 \times 420 \times (196 - \frac{16,764}{2})} \\ = 167,5225 \text{ mm}^2$$

$$N = \frac{A_s \text{ Perlu}}{\frac{1}{4} \pi d^2} = \frac{167,525}{\frac{1}{4} \times \pi \times 12^2} = 1,481224 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Digunakan 2D12

Cek terhadap As. min dan As. max.

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{420} \times 200 \times 196 = 130,6667 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ perlu} > A_s \text{ min}$, maka digunakan $A_s \text{ perlu} > 167,5225 \text{ mm}^2$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{0,36 B_1 \cdot f'c b \cdot d}{f_y} = \frac{0,36 \times 0,85 \times 25 \times 200 \times 196}{420} = 714 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ perlu} < A_s \text{ max}$, maka digunakan $A_s \text{ perlu} = 167,5225 \text{ mm}^2$

Tulangan geser tumpuan

Kekuatan geser beton (V_c) : ($V_u = 30,9063 \text{ kN}$)

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi 0,17 \pi \sqrt{f'_c} b w d. = 0,75 \times 0,17 \times 1\sqrt{25} \times 200 \times 196 \\ &= 24990 \text{ N} \\ &= 24,990 \text{ kN}\end{aligned}$$

Di daerah tumpuan karena $u > \phi V_c$, maka perlu tulangan geser.

Karena Syarat: $\phi(V_c + V_s) \geq V_u$. Maka bagian yang harus didukung tulangan geser adalah berikut

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = 30,9063 - 24,990 = 5,9163 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}V_s &= \frac{\phi V_s}{0,75} = \frac{5,9163}{0,75} = 7,8884 \text{ kN} \\ &= 7888,4 \text{ kN}\end{aligned}$$

Memeriksa batasan dimensi penampang

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f'_c} b w d.$$

$$7888,4 \leq 0,66 \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 196 = 129360 \text{ N}. \rightarrow Ok.$$

Menghitung spasi sengkang:

$$S = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{V_s} = \frac{100 \cdot 531 \cdot 280 \cdot 196}{7888,4} = 699,399 \text{ mm}$$

Cek spasi sengkang di daerah tumpuan:

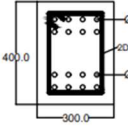
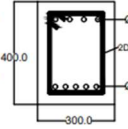
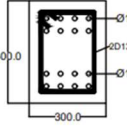
$$0,33 \sqrt{f'_c} b w d. = 0,33 \times \sqrt{25} \times 200 \times 196 = 64680 \text{ N}$$

Karena $V_s = 7888,4 \text{ N} < 64680 \text{ N}$

Maka syarat $S = 699,399 \leq \frac{d}{2}$ atau 600

$$\frac{d}{2} = \frac{196}{2} = 98$$

Ditetapkan sengkang 2D8 – 150

BALOK INDUK	BI		
	TUMP	LAP	TUMP
			
Ukuran Balok	300 X 400		
Tulangan Atas	8D19	4D19	8D19
Tulangan Bawah	8D19	5D19	8D19
Sengkang	2D13 - 50	2D13 - 150	2D13 - 50

Gambar 2.9 Perencanaan Penulangan Balok Induk Bangunan Kuliner

Balok Induk 5,5 m

Mutu Beton = 30 Mpa

Mutu tulangan lentur = 420 Mpa

Mutu tulangan geser = 280 Mpa

Balok = 300 × 400 mm

Kolom = 400 × 400 mm

Dtul Lentur = 19 mm

Dtul Geser = 13 mm

Selimit Benton = 40 mm

Bentang Total (L) = 5500 mm

d = 337,5 mm

Ln = 5100 mm

Tulangan geser daerah sendi plastis

$$0,5 Vu = 0,5 \times 121,069 = 60,534$$

$$Vc = 0,17 \lambda \sqrt{f_c} b w d = 0,66 \times \sqrt{30} \times 300 \times 337,5$$

$$= 366,016 \text{ kN}$$

$Vs \text{ max} > Vs \text{ (ok)}$

$Vs \text{ pakai} = 67,148 \text{ kN}$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_{gs} \cdot d}{V_s} = \frac{265,465 \times 280 \times 337,5}{67,148} = 373,597 \text{ mm}$$

Spasi sengkang pengekang daerah sendi plastis tidak boleh melebihi nilai terkecil dari

$$S = \frac{d}{4} = \frac{337,5}{4} = 84,375 \text{ mm}$$

$$S = 6 \text{ dp} = 6 \times 19 = 114 \text{ mm, maka digunakan } 2D12 - 150$$

Tulangan geser di luar daerah sendi plastis

$$V_{e \text{ lap}} = \frac{(L_n - 2h)(V_{e1} - V_{e2})}{L_n} + V_{e2}$$

$$= \frac{(5,1 - 0,8)(121,069 + 14,182)}{511} - 14,182 = 99,853 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c} b_w d = 94,277 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{e \text{ lap}}}{\phi} - V_c = \frac{99,853}{0,75} - 94,277 = 38,861 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ max}} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w d = 0,66 \times \sqrt{30} \times 300 \times 337,5 = 366,016 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ pakai}} = 38,861 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{V_s} = \frac{265,465 \times 280 \times 337,5}{38,861} = 645,550$$

Spasi pengekang tidak boleh melebihi

$$S = \frac{d}{2} = \frac{337,5}{2} = 168,75$$

Maka digunakan 2D12-150

Momen ujung tumpuan kiri negatif (M_{pr1}) (digunakan saat menghitung tulangan geser)

$$A_{pr} = \frac{A_s \cdot 1,25 f_y}{0,85 f_c b} = \frac{1134,571 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 38,931 \text{ kNm}$$

$$M_{pr1} = A_s \cdot 1,25 \cdot t_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right)$$

$$= 1134,571 \times 1,25 \times 420 \times \left(337,5 - \frac{77,863}{2} \right) = 177,482 \text{ kNm}$$

Momen ujung tumpuan kanan negatif (Mpr₂)

$$a_{pr} = \frac{A_s \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{567,286 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 38,391 \text{ kNm}$$

$$M_{pr\ 2} = A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right)$$

$$= 567,286 \times 1,25 \times 420 \times \left(337,5 - \frac{38,391}{2} \right) = 94,179 \text{ kNm}$$

$$V_g = 67,6255$$

$$V_e = \frac{M_{pr\ 1} + M_{pr\ 2}}{L_n} = \frac{177,842 + 94,179}{5100} = 53,443 \text{ kN}$$

$$V_{e\ 1} = \frac{M_{pr\ 1} + M_{pr\ 2}}{L_n} + \frac{W_u L_n}{2} = 53,443 + 67,6255 = 121,069 \text{ kN}$$

$$V_{e\ 2} = \frac{M_{pr\ 1} + M_{pr\ 2}}{L_n} + \frac{W_u L_n}{2} = -14,128$$

$$h = 400 \text{ mm} \approx 0,4 \text{ m}$$

$$2h = 0,8 \text{ m}$$

Balok 3 m

Mutu Beton = 30 Mpa

Mutu tulangan lentur = 420 Mpa

Mutu tulangan geser = 280 Mpa

Balok = 300 × 400 mm

Kolom = 400 × 400 mm

Dtul Lentur = 19 mm

Dtul Geser = 13 mm

Selimut Benton = 40 mm

Bentang Total (L) = 3000 mm

d = 337,5 mm

L_n = 2600 mm

Momen ujung tumpuan kiri negatif (Mpr₁)

$$A_{pr} = \frac{A_g \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1134,57 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 77,863 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr1} &= A_g \cdot 1,25 \cdot t_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \\
 &= 1134,571 \times 1,25 \times 420 \times \left(337,5 - \frac{77,863}{2} \right) \\
 &= 177,842 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Momen ujung tumpuan kanan negatif (M_{pr2})

$$A_{pr} = \frac{A_g \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{567,286 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 38,391 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr2} &= A_g \cdot 1,25 \cdot f_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \\
 &= 567,286 \times 1,25 \times 420 \times \left(337,5 - \frac{38,391}{2} \right) \\
 &= 94,719 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$V_g = 30,269$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} = \frac{177,842 + 94,719}{2,6} = 104,831 \text{ kN}$$

$$V_{e1} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} + \frac{W_u L_n}{2} = 104,831 + 30,269 = 135,1 \text{ kN}$$

$$V_{e2} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} - \frac{W_u L_n}{2} = 104,831 - 30,269 = 74,562 \text{ kN}$$

$$h = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

$$2h = 0,4 \times 2 = 0,8 \text{ m}$$

Tulangan geser daerah sendi plastis

$$0,5 V_u = 0,5 \times 135,1 = 67,55$$

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c} b_w d = 0,17 \times \sqrt{30} \times 300 \times 337,5 = 94,277 \text{ kN}$$

Kebutuhan tulangan geser

Tumpuan kiri

$$V_e = 135,1$$

$$d = 337,5$$

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{135,1}{0,75} - 94,277 = 85,856 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ max} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w d = 0,66 \times \sqrt{30} \times 300 \times 337,5 = 366,016 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ max} > V_s$$

$$V_s \text{ pakai} = 85,856 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 256,465 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{V_s} = \frac{256,465 \times 280 \times 337,5}{85,856} = 292,190$$

Spasi sengkang pengekang di daerah sendi plastis tidak boleh melebihi nilai terkecil dari:

$$S = \frac{d}{4} = \frac{337,5}{4} = 84,375 \text{ mm}$$

$$S = 6 \text{ db} = 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

Maka digunakan 2D13-150

Tulangan geser diluar sendi plastis

$$V_{e \text{ lap}} = \frac{(L_n - 2h)(V_{e1} - V_{e2})}{L_n} + V_{e2} = \frac{(2,6 - 0,8)(134,1 - 74,562)}{2,6} + 74,562$$

$$= 116,473 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c} b_w d = 0,17 \times \sqrt{30} \times 300 \times 337,5 = 94,277 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{e \text{ lap}}}{\phi} - V_c = \frac{116,473}{0,75} - 94,277 = 61,021 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ max}} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w d = 0,66 \times \sqrt{30} \times 300 \times 337,5 = 366,016 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ pakai}} = 61,021 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi \times (19^2) = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{V_s} = \frac{265 \times 280 \times 337,5}{61,021} = 411,114 \text{ mm}$$

Spasi sengkang pengekang luar sendi plastis tidak boleh melebihi

$$S = \frac{d}{2} = \frac{337,2}{2} = 168,75$$

Maka digunakan 2D13-150

Balok 2,5 m

Mutu beton	= 30 MPa
Mutu tulangan lentur	= 420 MPa
Mutu tulangan geser	= 280 MPa
Balok	= 300 x 400 mm
Kolom	= 400 x 400 mm
Dtul lentur	= 16 mm
Selimut beton	= 13 mm
Bentang total	= 2500 mm
d	= 339 mm
Ln	= 2100 mm

Momen ujung tumpuan kiri negatif (MPr_1)

$$apr = \frac{Ag \cdot 1,25 \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} = \frac{1206,857 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 82,824$$

$$Mpr_1 = Ag \cdot 1,25 \cdot fy \left(d - \frac{apr}{2} \right) = 1206,857 \times 1,25 \times 420 \times \left(339 - \frac{82,824}{2} \right) \\ = 188,552 \text{ kNm}$$

Momen ujung tumpuan kanan negatif (MPr_2)

$$apr = \frac{Ag \cdot 1,25 \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} = \frac{1408 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 96,627$$

$$Mpr_1 = Ag \cdot 1,25 \cdot fy \left(d - \frac{apr}{2} \right) = 1408 \times 1,25 \times 420 \times \left(339 - \frac{96,627}{2} \right) \\ = 214,875 \text{ kNm}$$

$$Vg = 23,0768$$

$$Ve = \frac{Mpr_1 + Mpr_2}{Ln} = \frac{188,552 + 214,875}{2,1} = 192,108 \text{ kN}$$

$$Ve_1 = \frac{Mpr_1 + Mpr_2}{Ln} + \frac{WuLn}{2} = 192,108 + 23,0768 = 215,185 \text{ kN}$$

$$Ve_2 = \frac{Mpr_1 + Mpr_2}{Ln} - \frac{WuLn}{2} = 192,108 - 23,0768 = 169,031 \text{ kN}$$

$$h = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

$$2h = 2 \times 0,4 = 0,8 \text{ m}$$

Tulangan geser daerah sendi plastis

$$0,5 V_u = 0,5 \times 215,185 = 107,592$$

$$V_c = 0,17\pi\sqrt{f_c} bwd = 0,17 \times \sqrt{30} \times 300 \times 339 = 94,696 \text{ kN}$$

Kebutuhan tulangan geser

Tumpuan kiri

$$V_e = 215,185 \text{ kN}$$

$$d = 339 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{V_e}{\theta} - V_c = \frac{215,185}{0,75} - 94,696 = 192,218 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ max} = 0,66\sqrt{f_c} bwd = 0,66 \times \sqrt{30} \times 300 \times 339 = 367,642 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ max} > V_s$$

$$V_s \text{ pakai} = 192,218 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (13)^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{V_s} = \frac{265 \times 280 \times 339}{192,218} = 131,091 \text{ mm}$$

Spasi sengkang pengekang daerah sendi plastis tidak boleh melebihi nilai terkecil dari:

$$s = \frac{d}{4} = \frac{339}{4} = 84,75 \text{ mm}$$

$$s = bdb = 6 \times 16 = 96 \text{ mm}$$

Maka digunakan 2D13 – 150

Tulangan geser di luar sendi plastis

$$V_e \text{ lap} = 197,603 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17\pi\sqrt{30} bwd = 0,17 \times \sqrt{30} \times 300 \times 339 = 94,696 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_e \text{ lap}}{\theta} - V_c = \frac{197,603}{0,75} - 94,969 = 168,774 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ max} = 0,66\sqrt{f_c} bwd = 0,66 \times \sqrt{30} \times 300 \times 339 \\ = 367,642 \text{ kN}$$

$$V_s \text{ pakai} = 168,774 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times (13)^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{V_s} = \frac{265,465 \times 280 \times 339}{168,774} = 149,30 \text{ mm}$$

Spasi sengkang pengekang di luar sendi plastis tidak boleh melebihi:

$$s = \frac{d}{2} = \frac{339}{2} = 169,5 \text{ mm}$$

Maka digunakan 2D13 – 100

2.11 Perancangan Balok Bangunan Office

Balok 3 m

Mutu Beton	= 30 Mpa
Mutu tulangan lentur	= 420 Mpa
Mutu tulangan geser	= 280 Mpa
Balok	= 300 × 400 mm
Kolom	= 400 × 400 mm
Dtul Lentur	= 19 mm
Dtul Geser	= 13 mm
Selimut Benton	= 40 mm
Bentang Total (L)	= 3000 mm
d	= 337,5 mm
Ln	= 2600 mm

Momen ujung tumpuan kiri negatif (M_{pr1})

$$A_{pr} = \frac{A_g \cdot 1,25 f_y}{0,85 f_c \cdot b} = \frac{1134,57 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 77,863 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr1} &= A_g \cdot 1,25 \cdot t_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \\ &= 1134,571 \times 1,25 \times 420 \times \left(337,5 - \frac{77,863}{2} \right) \\ &= 177,842 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen ujung tumpuan kanan negatif (M_{pr2})

$$A_{pr} = \frac{A_g \cdot 1,25 f_y}{0,85 f_c \cdot b} = \frac{567,286 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 38,391 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr\ 2} &= A_g \cdot 1,25 \cdot f_y \left(d - \frac{a_{pr}}{2} \right) \\
 &= 567,286 \times 1,25 \times 420 \times \left(337,5 - \frac{38,391}{2} \right) \\
 &= 94,719 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$V_g = 30,269$$

$$V_e = \frac{M_{pr\ 1} + M_{pr\ 2}}{L_n} = \frac{177,842 + 94,719}{2,6} = 104,831 \text{ kN}$$

$$V_{e\ 1} = \frac{M_{pr\ 1} + M_{pr\ 2}}{L_n} + \frac{W_u L_n}{2} = 104,831 + 30,269 = 135,1 \text{ kN}$$

$$V_{e\ 2} = \frac{M_{pr\ 1} + M_{pr\ 2}}{L_n} - \frac{W_u L_n}{2} = 104,831 - 30,269 = 74,562 \text{ kN}$$

$$h = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

$$2h = 0,4 \times 2 = 0,8 \text{ m}$$

Tulangan geser daerah sendi plastis

$$0,5 V_u = 0,5 \times 135,1 = 67,55$$

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c} b_w d = 0,17 \times \sqrt{30} \times 300 \times 337,5 = 94,277 \text{ kN}$$

Kebutuhan tulangan geser

Tumpuan kiri

$$V_e = 135,1$$

$$d = 337,5$$

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{135,1}{0,75} - 94,277 = 85,856 \text{ kN}$$

$$V_{s\ max} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w d = 0,66 \times \sqrt{30} \times 300 \times 337,5 = 366,016 \text{ kN}$$

$$V_{s\ max} > V_s$$

$$V_s\ pakai = 85,856 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 256,465 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{V_s} = \frac{256,465 \times 280 \times 337,5}{85,856} = 292,190$$

Spasi sengkang pengekang di daerah sendi plastis tidak boleh melebihi nilai terkecil dari:

$$S = \frac{d}{4} = \frac{337,5}{4} = 84,375 \text{ mm}$$

$$S = 6 db = 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

Maka digunakan 2D13 – 150

Tulangan geser diluar sendi plastis

$$V_{e \text{ lap}} = \frac{(L_n - 2h)(V_{e1} - V_{e2})}{L_n} + V_{e2}$$

$$= \frac{(2,6 - 0,8)(134,1 - 74,562)}{2,6} + 74,562$$

$$= 116,473 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c} b_w d = 0,17 \times \sqrt{30} \times 300 \times 337,5 = 94,277 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_{e \text{ lap}}}{\phi} - V_c = \frac{116,473}{0,75} - 94,277 = 61,021 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ max}} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w d = 0,66 \times \sqrt{30} \times 300 \times 337,5$$

$$= 366,016 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ pakai}} = 61,021 \text{ kN}$$

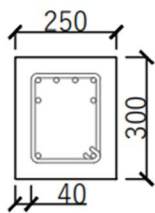
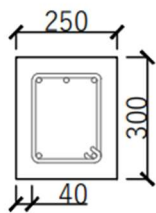
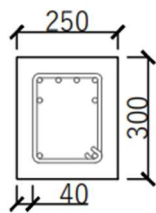
$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi \times (19^2) = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{V_s} = \frac{265 \times 280 \times 337,5}{61,021} = 411,114 \text{ mm}$$

Spasi sengkang pengekang luar sendi plastis tidak boleh melebihi

$$S = \frac{d}{2} = \frac{337,2}{2} = 168,75$$

Maka digunakan 2D13 – 150

TYPE	BALOK INDUK 25X30CM		
POSISI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
POTONGAN			
TULANGAN ATAS	6D13	3D13	6D13
TULANGAN TENGAH	-	-	-
TULANGAN BAWAH	2D13	2D13	2D13
TULANGAN SENGKANG	Ø10-100	Ø10-150	Ø10-100

Gambar 2.10 Perencanaan Tulangan balok Induk Bangunan Office

2.12 Perancangan Kolom SRPMK

Kolom direncanakan dengan menggunakan diameter tulangan longitudinal ukuran 19 mm yang berjumlah 6 buah dan diameter sengkang yang digunakan ukuran 13 mm diinput pada aplikasi *SpColumn*. Output dan syarat yang dihitung dari beban yang ada dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut:

Dari analisis struktur diperoleh

Tabel 2.11 Hasil Analisa Perhitungan Struktur

Kondisi	P (kNm)	M ₂ (kNm)	M ₃ (kNm)
P max	41,3352	- 18,9027	- 4,2667
P min	- 329,264	- 25,9352	- 12,1705
M ₂ max	- 89,0023	61,7176	- 6,7336
M ₂ min	- 103,175	- 53,7854	7,3638
M ₃ max	- 117,484	- 14,553	42,9735
M ₃ min	- 209,386	- 4,6065	- 42,6146

Input data kolom ke sp coloumn

Material:

f_c = 30 MPa

f_y tul.utama = 420 MPa

f_y tul.sengkang = 280 MPa

diameter tul. = 19 mm

Jumlah tulangan = 6 buah

Reinforcement = 1,771%

Factored loads and Moments with corresponding capacities. (Result)

Tabel 2.12 Hasil Beban Terfaktor Sp Coloumn

No	Pu (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)	ØMnx (kNm)
1	- 41,00	18,00	4,00	86,62
2	329,00	25,00	12,00	83
3	89,00	61,00	- 6,00	95,38
4	103,00	- 53,00	7,00	- 95,23
5	117,00	- 14,00	42,00	- 30,22
6	209,00	- 4,00	- 42,00	- 8,77

Tabel 2.13 Hasil Beban Terfaktor terhadap Kedalaman Kolom

No	$\emptyset M_{ny}$ (kNm)	$\emptyset M_n/\mu$ (kNm)	NA Depth (mm)	dt Depth (mm)	\emptyset
1	19,25	4,812	101	287	0,9
2	39,84	3,320	139	278	0,726
3	-9,38	1,564	112	288	0,878
4	12,58	1,797	113	288	0,868
5	90,65	2,158	115	286	0,852
6	-92,05	2,192	125	278	0,784

M_{nx} dan M_{ny} (didapat dari $\emptyset M_n/\emptyset$)

Tabel 2.14 Perolehan Nilai M_{nx} dan M_{ny}

No	M_{nx}	M_{ny}	Minimum dari 6 kondisi = (min)	
1	96,245	21,3889	M_{nx}	M_{ny}
2	114,325	54,8760	11,1863	10,6834
3	108,633	10,6834	P max dan P min = (min)	
4	109,712	14,4931	M_{nx}	M_{ny}
5	35,469	106,3967	96,2445	21,3889
6	11,1863	117,4107		

Diketahui : $M_{pr a} = 46,79123992 \text{ kNm} \rightarrow M_{nc a} = M_{nx}$
 $M_{pr b} = 32,10821601 \text{ kNm} \rightarrow M_{nc b} = M_{ny}$

Diambil momen nominal terkecil dari P_u max dan P_u min:

$$\begin{aligned} \text{Syarat } \phi M_n &= M_{nc a} + M_{nc b} \geq 1,2 (M_{pr b} \text{ ki} + M_{pr b} \text{ ka}) \\ &= 96,2445 + 21,3889 \geq 1,2 (46,7912 + 32,10821) \\ &= 117,63334 \geq 94,6793 \end{aligned}$$

Karena $M_{nc} \geq 1,2 (M_{pr b})$, maka kolom telah memenuhi syarat.

Dari analisis struktur $V_u = 28,1465 \text{ kN}$

Karena ukuran kolom di atas dan di bawah joint sama, maka:

$$\begin{aligned} M_{pr k} \text{ dari balok} &= 0,5 \times (46,7912 + 32,1082) \\ &= 39,44973 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Menghitung kuat geser perlu} &= V_e = \frac{M_{prk 1} + M_{prk 2}}{(h \text{ antar lantai} - h \text{ balok})} \\ &= \frac{39,44973 + 39,44973}{(3 - 0,3)} \\ &= 29,2221 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai $V_e = 29,2221 \text{ kN} > V_u$ dari analisis $= 28,1465 \text{ kN}$

Maka digunakan $V_u = V_e = 29,2221 \text{ kN}$

Data kolom =

diameter sengkang	= 13 mm
f_c	= 30 MPa
diameter tul. utama	= 19 mm
f_y tul. utama	= 420 MPa
selimut beton	= 40 mm
f_y tul. sengkang	= 280 MPa
diameter kolom	= 350 mm

$$\begin{aligned} d &= d_{\text{kolom}} - s_{\text{el. beton}} - (d_{\text{sengkang}}/2) \\ &= 350 - 40 - (13/2) \\ &= 303,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat geser beton diabaikan karena $V_e > V_u$

$$V_c = 0$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_s = \frac{29222,02}{0,75} = 38962,69 \text{ N}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y t d} = \frac{38962,69}{280 \times 303,5} = 0,458493 \text{ mm/mm}^2 \quad \dots (A)$$

Tulangan transversal pengekangan

Untuk $P_u \max = 329000 \text{ N} < 0,3 F_c A_g = 865901,4751$ dan

$F_c 30 \text{ MPa} < 70 \text{ MPa}$, digunakan persamaan =

- $\frac{A_{sh}}{s_{bc}} = 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{F_c}{F_{yt}}$
- $\frac{A_{sh}}{s_{bc}} = 0,09 \frac{F_c}{F_{yt}}$

$$B_c = \text{lebar kolom-sel.kolom} = 350 - (2 \times 40) \\ = 270 \text{ mm}$$

$$A_g = (\text{kolom bulat}) = \frac{1}{4} \pi d^2 \\ = \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot 350^2 \\ = 96211,27502 \text{ mm}^2$$

$$A_{ch} = \text{luas kolom-selimut beton} \quad (\text{kolom bulat})$$

$$= \pi r^2 \\ = \frac{22}{7} \times (270/2)^2 \\ = 57255,53 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sh}}{sbc} = 0,3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{F_c}{F_{yt}} \\ = 0,3 \left(\frac{96211,28}{57255,53} - 1 \right) \frac{30}{280} \\ = 0,0218695 \text{ mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \left(\frac{A_{sh}}{sbc} \right) d = 0,0218695 \times 303,5 \\ = 6,6373898 \text{ mm}^2/\text{mm} \quad \dots (B)$$

$$\frac{A_{sh}}{sbc} = 0,09 \frac{F_c}{F_{yt}} \\ = 0,09 \frac{30}{280} = 0,009642857$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \left(\frac{A_{sh}}{sbc} \right) d = 0,009642857 \times 303,5 \\ = 2,926607143$$

Dari pers. A, B, C yang menentukan adalah $B = 6,6373898 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Tulangan transversal di daerah lo

Misalkan $s = 100 \text{ mm}$

$A_{sh} = \text{pers. B} \times s$

$$= 6,6373898 \times 100 \\ = 663,73898 \text{ mm}^2$$

digunakan diameter sengkang 13 mm, luas 1 kaki

$$\begin{aligned}A_v &= \frac{1}{4} \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times (13)^2 \\ &= 132,733 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah kaki tul. transversal} = \frac{663,73898}{132,7322896} = 5,000584 \text{ buah}$$

≈ 6 buah

Tulangan transversal digunakan 6D13 – 100

Tulangan transversal di luar daerah lo

Syarat:

a. $\frac{1}{4}$ dimensi kolom terpendek

$$\begin{aligned}&= \frac{1}{4} \cdot 350 \\ &= 87,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

b. 6 kali diameter tul. utama

$$\begin{aligned}&= 6 \times 19 \text{ mm} \\ &= 114 \text{ mm}\end{aligned}$$

c. $h_x = \frac{350 - (2 \cdot \text{sel. beton}) - (2 \cdot \text{d.tul. utama})}{n-1}$

$$= \frac{350 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 19)}{(6-1)}$$

$$= 45$$

$$S_{\max} = S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$$

$$= 100 + \left(\frac{350 - 45}{3} \right)$$

$$= 201,6667 \quad (\text{Jarak } 100 \text{ memenuhi syarat})$$

$$V_e = 29,22202 \text{ kN}$$

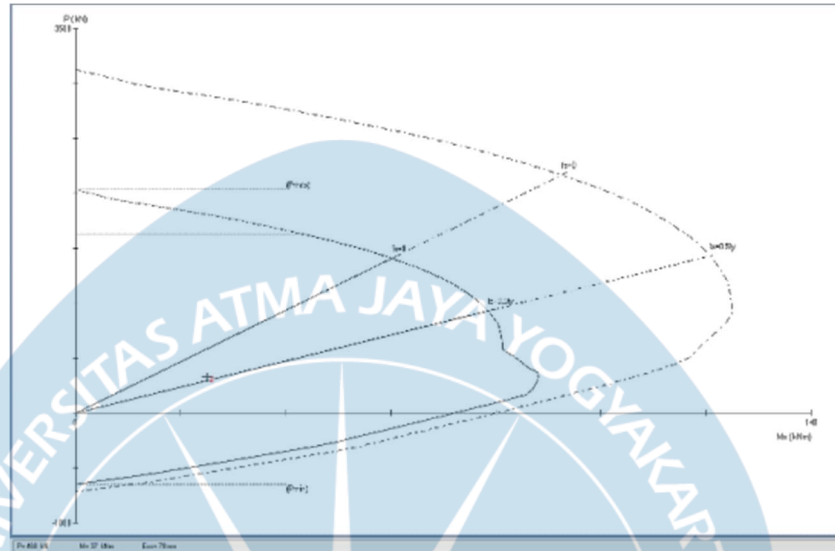
$$V_c = 0,17 \sqrt{30} \text{ bwd} = 0,17 \times \sqrt{30} \times 350 \times 303,5$$

$$= 98909,1087 \text{ N}$$

$$=98,9091087 \text{ kN}$$

$V_c > V_e$ maka jarak tul. transversal 100 mm.

Maka digunakan 6D13 – 100



Gambar 2.11 Gambar Diagram Interaksi Output Sp Column

Hubungan Balok dan Kolom Bangunan Kuliner

- f_y : 420 MPa
- b balok : 250 mm
- h balok : 350 mm
- Dtul lentur : 19 mm
- Dtul geser : 13 mm
- Selimut beton : 40 mm
- D : 287,5 mm
- F_c : 25 MPa

Terdapat 4 buah balok yang merangkai pada keempat sisi joint

$$\frac{Ash}{s} = 2,893 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jarak tulangan transversal 150 mm

$$Ash = \frac{Ash}{s} \times 150 = 2,893 \times 150 = 433,929$$

Dipasang 3D13 – 150; As tulangan = 398,197 mm²

Nilai Mpr tulangan 5D19 sisi atas;As=283,5287

$$a = \frac{As \cdot 1,25 \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} = 112,077 \text{ mm}$$

$$Mpr_1 = 5 \times 283,5287 \times 1,25 \times 420 \times \left(287,5 - \frac{112,077}{2} \right) = 172,268 \text{ kNm}$$

Nilai Mpr tulangan 3D19 sisi bawah;As=283,5287

$$a = \frac{As \cdot 1,25 \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b} = 56,039 \text{ mm}$$

$$Mpr_2 = 3 \times 283,5287 \times 1,25 \times 420 \times \left(287,5 - \frac{56,039}{2} \right) = 115,8731 \text{ kNm}$$

$$Mc = \frac{1}{2} (Mpr_1 + Mpr_2) = \frac{1}{2} (172,268 + 115,8731) = 144,071 \text{ kNm}$$

V goyang = 56,498 kN

Luas tulangan kiri 5D19;4D19

$$As = 1134,115$$

$$T_1 = 1,25 \times As \times Fy = 1,25 \times 1134,115 \times 420 \\ = 595,4103 \text{ kN}$$

$$C_1 = T_1 = 595,4103 \text{ kN}$$

Untuk kanan joint 5D19;2D19

$$As = 576,057$$

$$T_2 = 1,25 \times As \times Fy = 1,25 \times 576,057 \times 420 \\ = 297,705 \text{ kN}$$

$$C_2 = T_2 = 297,705 \text{ kN}$$

$$V_j = T_1 + T_2 - V_{goyang} = 595,4103 + 297,705 - 56,498 \\ = 836,617 \text{ kN}$$

Kuat geser joint yang dikekang keempat sisi

$$V_n = 1,7 \times \sqrt{Fc} \times b^2$$

$$= 1,7 \times \sqrt{30} \times 400^2 = 1489,805 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,85 \times V_n$$

$$= 0,85 \times 1489,805 = 1266,335 \text{ kN} > V_j$$

Hubungan Balok Kolom Bangunan Office

Diketahui : Bangunan gedung office (perkantoran)

Balok ukuran : b : 250

h : 300

Fc' beton : 25 MPa

Fy tul. utama : 420 MPa

d. tul. lentur : 13 mm

d. tul. geser : 10 mm

sel. beton : 40 mm

d : 243,5

Ø kolom (bulat) : 350 mm

Terdapat 4 buah balok yang merangkai pada keempat sisi joint.

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{A_{sh}}{sbc} \times d \quad (\text{dari hitungan kolom})$$
$$= 6,6374 \text{ mm}^2/\text{mm} \quad \rightarrow A_{sh} \times 100 = 663,74$$

Jarak tulangan transversal=100 mm

dipasang 6D13-10

$$A_s \text{ tul} = n \frac{\pi d^2}{4} = 6 \frac{\pi 13^2}{4} = 796,3937 \text{ mm}^2$$

Nilai Mpr dihitung sebagai berikut : (tulangan 3D13)

$$a = \frac{n \times (0,25 \times 12 \times 13^2) \times (1,25 \times F_y)}{0,85 \times F_c \times b}$$
$$= 39,35122 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 3 \times \text{Luas tul} \times 1,25 \times F_y \times \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right)$$
$$= 3 \times 132,7323 \times 1,25 \times 420 \times \left(303,5 - \left(\frac{39,351}{2} \right) \right)$$
$$= 59334441,29 \text{ Nmm} = 59,33444 \text{ kNm}$$

Untuk tul. 2D13 sisi bawah.

$$a = \frac{n \times (0,25 \times 12 \times 13^2) \times (1,25 \times F_y)}{0,85 \times F_c \times b}$$

$$= \frac{2 \times (0,25 \times 12 \times 13^2) \times (1,25 \times 420)}{0,85 \times 25 \times 250}$$

$$= 26,2341 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 2 \times \text{Luas tul} \times 1,25 \times F_y \times \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right)$$

$$= 2 \times 132,732 \times 1,25 \times 420 \times \left(303,5 - \left(\frac{26,2341}{2} \right) \right)$$

$$= 40470350,26 \text{ Nmm} = 40,47035 \text{ kNm}$$

$$M_c = 0,5 \times M_{pr1} + M_{pr2}$$

$$= 0,5 \times (59,33444 + 40,47035)$$

$$= 49,9024 \text{ kNm}$$

Gaya geser dari kolom sebelah atas

$$V_{\text{goyang}} = \left(\frac{49,9024 + 49,9024}{4 - 0,35} \right) = 27,34378 \text{ kN}$$

Luas tulangan kiri atas (3D13) $\rightarrow A_s = 398,19687$; (2D13) $\rightarrow A_s = 265,4646$

$$T_1 = 1,25 A_s F_y = 1,25 \times 398,19687 \times 420$$

$$= 209053,3561 \text{ N} = 209,0534 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada beton sisi kiri

$$K_i = C_1 = T_1 = 209,0534 \text{ kN}$$

$$K_a = C_2 = T_2$$

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{\text{goyangan}}$$

$$T_2 = 1,25 A_s F_y$$

$$= 209,0534 + 139,3689 - 27,3438$$

$$= 1,25 \times 265,4646 \times 420$$

$$= 321,07848 \text{ kN}$$

$$= 139368,9041 = 139,3689 \text{ kN}$$

Kuat geser dari joint yang dikekang 4 sisi

$$V_n = 1,7 \times \sqrt{30} \times L_{\text{kolom}} \quad \rightarrow \quad L_{\text{kolom}} = \pi r^2$$

$$= 1,7 \times \sqrt{30} \times 96211,27502 \quad \rightarrow \quad = \pi \cdot \left(\frac{350}{2} \right)^2$$

$$= 895850,4554 \text{ N} \quad \rightarrow \quad = 96211,27502 \text{ mm}^2$$

$$= 895,8505 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,85 \times V_n$$

$$= 0,85 \times 895,8505$$

$$= 761,47289 \text{ kN} > V_j = 321,07848 \text{ kN}$$

(OK)