

PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG PARKIR UNISMA BEKASI DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA

Nana Suryana¹⁾, Eko Darma²⁾, Fajar Prihesnanto³⁾

^{1,2,3)}Teknik Sipil Universitas Islam “45” Bekasi
Jl. Cut Mutia No. 83 Kota Bekasi Telp. 021-88344436
E-mail: suryamalongpong@yahoo.com

ABSTRAK

Ketersediaan petak parkir di Universitas Islam 45 Bekasi pada saat ini tidak sebanding dengan bertambahnya jumlah mahasiswa yang membawa motor karena keterbatasan luas lahan parkir yang tersedia, salah satu alternatif pemecahannya adalah dengan membangun gedung parkir.

Perencanaan gedung parkir ini dianalisis dengan metode analisa statik ekuivalen. Hasil dari analisis berupa aksial, momen, geser. Analisis beban dorong statik pada struktur gedung, dengan menggunakan cara analisis statik 2 dimensi, linier dan non linier, dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk elastis plastis yang besar sampai mencapai kondisi di ambang keruntuhan. Kemudian menentukan pemilihan dimensi balok portal utama pada portal dan balok anak terhadap momen pada balok portal akibat gaya-gaya yang bekerja pada struktur gedung parkir tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan: (1) Lantai 1, 2 dan 3 dibutuhkan balok anak sebanyak 60 x 3 batang menggunakan profil WF 250 x 125 x 6 x 9, elemen portal balok WF 300 x 300 x 10 x 15 sebanyak 56 x 3 batang, WF 500 x 200 x 10 x 16 sebanyak 30 x 3 batang dan WF 200 x 200 x 8 x 12 sebanyak 8 x 3 batang, dan kolom WF 400 x 400 x 13 x 21 sebanyak 55 x 3 batang. (2) Lantai 4 (empat) dibutuhkan kolom WF 350 x 350 x 12 x 19 sebanyak 22 batang. Profil aman terhadap momen, geser, dan defleksi.

Kata kunci: gedung parkir, gempa, struktur baja, analisa statik ekuivalen

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan tersedianya lahan parkir yang memadai dan dapat memenuhi kebutuhan parkir di kampus Unisma Bekasi sudah sangat mendesak. Karena itu direncanakan untuk membangun gedung parkir bertingkat untuk mengakomodasi peningkatan kebutuhan parkir di Kampus Unisma Bekasi.

Penelitian ini dilakukan hanya pada perhitungan struktur atas, Perhitungan yang direncanakan meliputi struktur balok, kolom, *ramp*, tangga dan pelat serta struktur atap. Perhitungan struktur gedung parkir UNISMA Bekasi menggunakan metode *Load Resistance Factor Design* (LRFD). Analisis struktur dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 v14. Beban gempa dihitung menggunakan metode statik ekuivalen.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa perhitungan struktur gedung parkir dengan menggunakan baja dan menggambar bagian-bagian struktur yaitu kolom, balok, balok anak, pelat, tangga, *ramp* dan atap.

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan dan pertimbangan dalam memecahkan masalah perparkiran di kampus UNISMA Bekasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

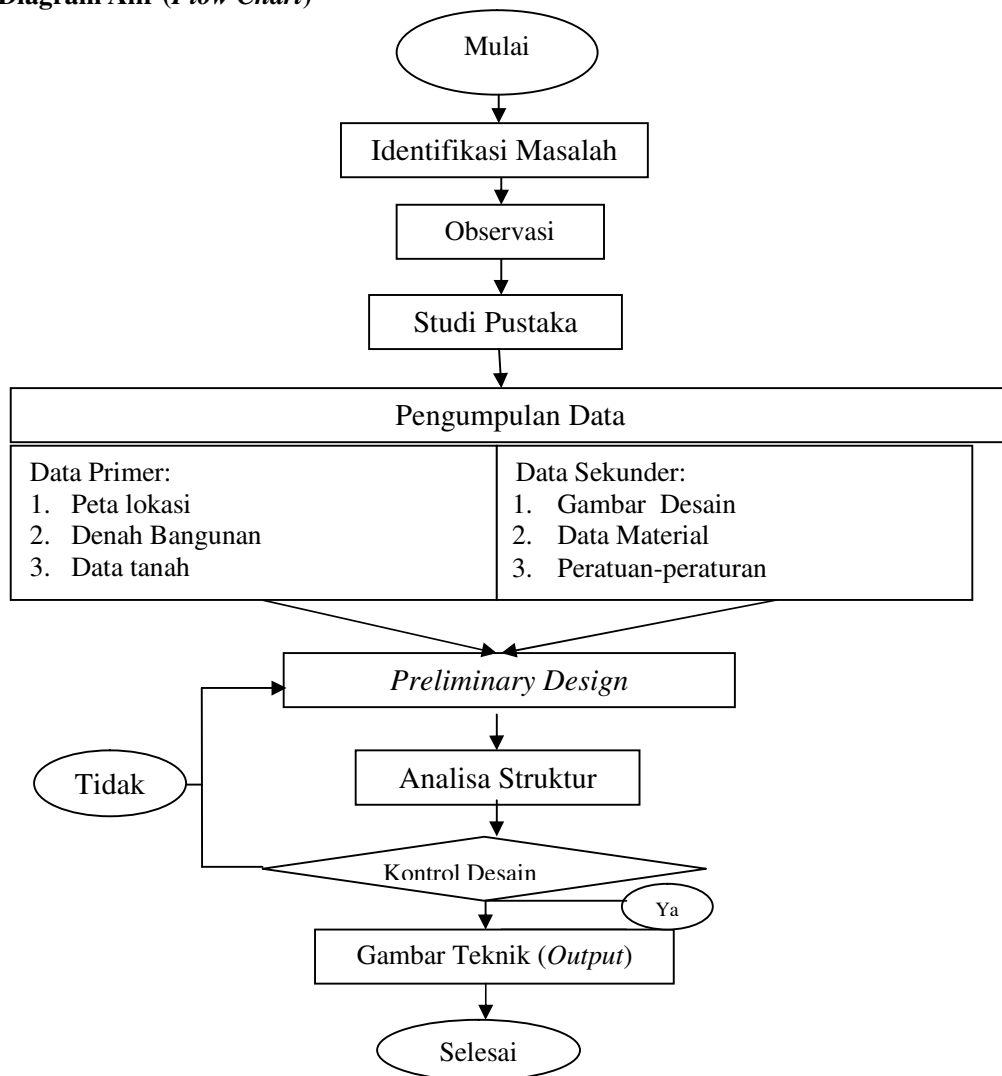
Lokasi Penelitian

Gedung ini direncanakan terletak di Jl. Cut Mutia No. 83 Bekasi, luas tanah 1.260 m², luas bangunan 960 m², terdiri dari 4 lantai. Gedung ini berada di wilayah gempa 3

Tahapan Perencanaan

Dalam penelitian ini yang pertama dilakukan adalah identifikasi masalah dan tujuan penelitian yang ada di daerah studi dan didukung dengan literatur-literatur yang ada kaitannya dengan permasalahan. Setelah itu baru dilakukan pengumpulan data dan informasi, baik yang didapat langsung dari lapangan maupun segala bentuk informasi yang didapat dari pengelola parkir. Adapun langkah-langkahnya yaitu meliputi: Identifikasi Masalah, Observasi, Studi Pustaka, Pengumpulan Data, *Preliminary Design*, Analisa Struktur, Kontrol Desain, Gambar *Output*.

Diagram Alir (Flow Chart)



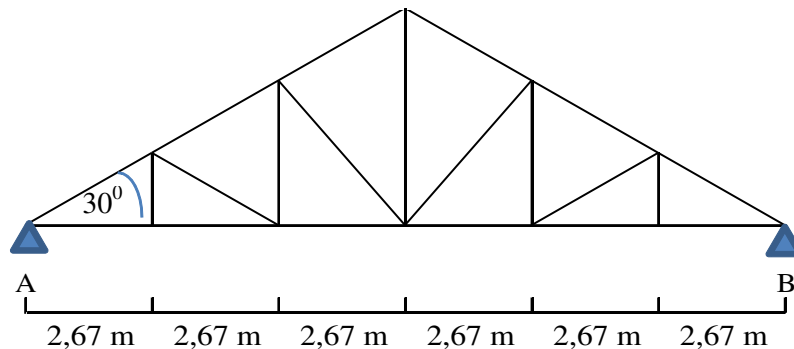
Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan Ulang Pembangunan Gedung Parkir Unisma Bekasi dengan Menggunakan Struktur Baja

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Kuda-kuda

Data perencanaan:

- | | | |
|-----------------------------------|---|--|
| a. Gambar kuda – kuda | : | Gambar 2 |
| b. Fungsi bangunan | : | Gedung parkir |
| c. Penutup atap | : | Asbes (11 kg/m^2) |
| d. Kemiringan atap (α) | : | 30° |
| e. Jarak antara kuda – kuda (B) | : | 6 m |
| f. Bentang kuda – kuda (L) | : | 16 m |
| g. Dinding vertikal | : | Tidak ada |
| h. Berat kuda – kuda taksiran | : | 20 kg/m^2 |
| i. Tekanan angin | : | 25 kg/m^2 |
| j. Alat sambungan | : | Baut |
| k. Mutu baja | : | BJ 37 ($\sigma_t = 2.400 \text{ kg/m}^2$,
$\sigma_d = 1.600 \text{ kg/m}^2$) |
| l. Jenis profil baja | : | <i>Light lip channel</i> |
| Gording | : | Dobel siku sama kaki |
| Kuda – kuda | : | $E = 2,1 \times 10^5 \text{ MPa}$ |
| Modulus elastisitas | : | $G = 8 \times 10^4 \text{ MPa}$ |
| Modulus gelincir | : | $U = 0.30$ |
| Angka pembanding poisson | : | |



Gambar 2. Rangka Kuda-kuda

Perencanaan Gording

- A. Ukuran profil (BJ 37)

Dicoba *light lip channel* C 200 x 75 x 20 x 2

$$\text{Panjang balok atap} = \frac{8}{\cos 30^\circ} = 9,24 \text{ m}$$

Diambil jarak antar gording = 3,08 m

Tinggi kuda-kuda = 4,62 m

- B. Pembebanan

1. Beban mati

$$\text{Berat penutup atap (asbes)} = 3,08 \times 11 = 33,88 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat gording} = 5,92 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat trekstang (10\% x 5,92)} = 0,592 \text{ kg/m}$$

$$\text{qd} = 40,392 \text{ kg/m}$$

2. Beban hidup (ql)	=	100	kg/m
3. Beban angin			
Diambil beban angin	=	25	kg/m
Koefisien angin ($\alpha = 30^0$)			
Angin hisap	=	-0,4	
Angin tekan	=	(0,02 α - 0,4)	= 0,2
q akibat angin hisap	=	-0,4 x 3,08 x 25	= -30,80 kg/m
q akibat angin tekan	=	0,2 x 3,08 x 25	= 15,40 kg/m

Perencanaan Trekstang

Dipakai satu trekstang pada *gording*

$$\Delta_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_y \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

$$\Delta_y = \frac{5}{384} \times \frac{0,1942 \times 600^4}{2,1 \times 10^6 \times 56} + \frac{1}{48} \times \frac{50 \times 600^3}{2,1 \times 10^6 \times 56} = 4,70 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{P \cdot L^3}{48 EI}$$

$$4,7 = \frac{P \times 600^3}{48 \times 2,1 \times 10^6 \times 56}$$

$$P = 122,8 \text{ kg}$$

$$A \geq \frac{P_u}{\phi \cdot 0,75 \cdot f_u}$$

$$A \geq \frac{122,83 \text{ kg}}{0,75 \times 0,75 \times 1700 \text{ kg/cm}^2}$$

$$A \geq 0,059 \text{ cm}^2$$

$$A = 5,9 \text{ mm}^2$$

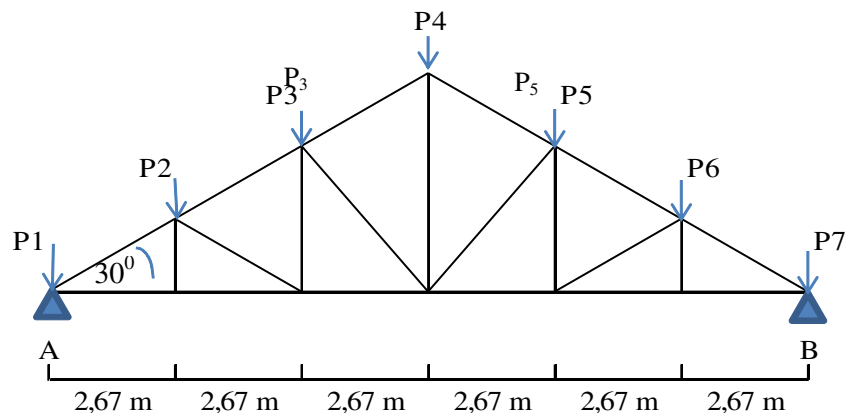
$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2$$

$$5,9 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times \phi^2$$

$$\phi = 2,74 \text{ mm}$$

Karena ϕ trekstang $< 10 \text{ mm}$, maka dipakai trekstang dengan $\phi = 10 \text{ mm}$

Perhitungan Kuda-kuda



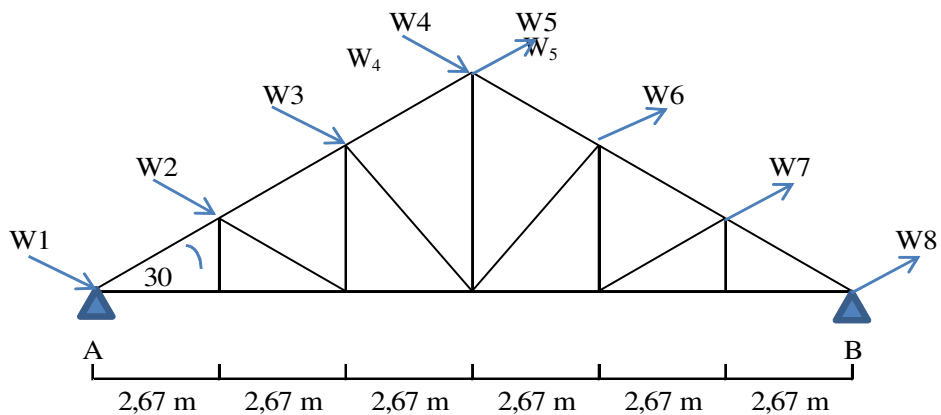
Gambar 3. Beban Tetap

1. Akibat Beban Tetap

-	P_1/P_7		
	Berat asbes	$= 11 \times 3,08 \times 6 \times 1/2$	$= 101,64 \text{ kg}$
	Berat sendiri <i>gording</i>	$= 5,92 \times 6$	$= 35,52 \text{ kg}$
	Berat sendiri kuda – kuda	$= 20 \times 3,08 \times 6 \times 1/2$	$= 184,80 \text{ kg}$
	<u>Berat orang</u>		<u>$= 100,00 \text{ kg}$</u>
	P_1 / P_7		$= 421,96 \text{ kg}$
-	P_2 dan P_3		
	Berat asbes	$= 11 \times 3,08 \times 6$	$= 203,28 \text{ kg}$
	Berat sendiri <i>gording</i>	$= 5,92 \times 6$	$= 35,52 \text{ kg}$
	Berat sendiri kuda – kuda	$= 20 \times 3,08 \times 6$	$= 369,60 \text{ kg}$
	<u>Berat orang</u>		<u>$= 100,00 \text{ kg}$</u>
	P_2 dan P_3		$= 708,40 \text{ kg}$
-	P_4		
	Berat asbes	$= 11 \times 3,08 \times 6$	$= 203,28 \text{ kg}$
	Berat sendiri <i>gording</i>	$= 5,92 \times 6 \times 2$	$= 71,04 \text{ kg}$
	Berat sendiri kuda – kuda	$= 20 \times 3,08 \times 6$	$= 369,60 \text{ kg}$
	<u>Berat orang</u>		<u>$= 100,00 \text{ kg}$</u>
	P_4		$= 743,92 \text{ kg}$
-	P_5 dan P_6		
	Berat asbes	$= 11 \times 3,08 \times 6$	$= 203,28 \text{ kg}$
	Berat sendiri <i>gording</i>	$= 5,92 \times 6$	$= 35,52 \text{ kg}$
	Berat sendiri kuda – kuda	$= 20 \times 3,08 \times 6$	$= 369,60 \text{ kg}$
	<u>Berat orang</u>		<u>$= 100,00 \text{ kg}$</u>
	P_5 dan P_6		$= 708,40 \text{ kg}$

2. Akibat Beban Sementara

- Tekanan angin 25 kg/m^2
- $\alpha = 30^\circ$



Gambar 4. Beban Angin

Tegangan angin dari kiri:

Koefisien angin $\alpha = 30^0$ ada dinding

a. dipihak angin $= 0,02 \alpha - 0,4 = 0,2$

b. dibelakang angin $= - 0,4$

$$W_1 = 0,2 \times 25 \times \frac{3,08}{2} \times 6 = 46,20 \text{ kg}$$

$$W_2 \text{ dan } W_3 = 0,2 \times 25 \times 3,08 \times 6 = 92,40 \text{ kg}$$

$$W_4 = 0,2 \times 25 \times \frac{3,08}{2} \times 6 = 46,20 \text{ kg}$$

$$W_5 = - 0,4 \times 25 \times \frac{3,08}{2} \times 6 = - 92,40 \text{ kg}$$

$$W_6 \text{ dan } W_7 = - 0,4 \times 25 \times 3,08 \times 6 = - 184,80 \text{ kg}$$

$$W_8 = - 0,4 \times 25 \times \frac{3,08}{2} \times 6 = - 92,40 \text{ kg}$$

Perhitungan Pelat Lantai

Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai

a. Beban hidup (ql)

Beban hidup pelat lantai untuk parkir $= 400 \text{ kg/m}$

ql $= 400 \text{ kg/m}$

b. Beban mati (qd)

Berat spesi $= 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}$

Berat sendiri $= 0,15 \times 1 \times 2.400 = 360 \text{ kg/m}$

qd $= 402 \text{ kg/m}$

c. Beban berfaktor (qu)

Untuk tinjauan lebar 1 m pelat maka:

$$qu = 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql}$$

$$= (1,2 \times 402) + (1,6 \times 400)$$

$$= 1.122,4 \text{ kg/m}$$

Perhitungan Tangga Dan Ramp

Perhitungan Tangga

A. Data Perencanaan

a. Lebar anak tangga : 125 cm.

b. Tinggi tangga : 300 cm.

c. Panjang bordes : 260 cm.

d. Lebar bordes : 150 cm.

e. Elevasi bordes : 150 cm.

f. Antrade (A): 30 cm.

g. Optrade (O) : 18 cm.

h. Tangga bawah = tangga atas.

i. Jumlah *optrade* (O) $= 150 / 18 = 8,33 \rightarrow 9$ buah.

j. Tinggi anak tangga terakhir = 6 cm.

k. Jumlah *antrade* (A) $= 9 - 1 = 8$ buah.

l. Jarak datar $= 8 \times 30 = 240$ cm.

m. Jarak miring = 283 cm.

n. Miring tangga (Θ) $= \text{arc tg} (150 / 240) = 32^0 < 35^0$

o. Anak tangga menggunakan pelat baja $t = 0,5$ cm.

p. Berat baja $= 7.850 \text{ kg/m}^2$.

q. Balok tangga menggunakan baja profil WF 150 x 150 x 7 x 10.

B. Perhitungan Pembebanan

Berat profil WF 150 x 150 x 7 x 10 = 31,5 kg/m (tabel profil WF), qsandaran ditaksir $10\% \times 31,5 \text{ kg/m}^2 = 3,15/\text{m}$, tsandaran = 1 m

1. Pembebanan pada balok tangga

a. Beban mati (qd)

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri profil} &= 2 \times 31,5 &= 63 & \text{ kg/m} \\ \text{Berat pelat anak tangga} &= 1,25 \times 0,005 \times 7850 &= 98,125 & \text{ kg/m} \\ \text{Berat sandaran tangga} &= 2 \cdot \text{tsnd} \cdot \text{qsnd} \\ &= 2 \times 1 \times 3,15 &= \underline{6,3} & \text{ kg/m} \\ & &= 167,425 & \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{b. Beban hidup (ql)} = 300 \times 1,25 = 375 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban berfaktor (qu 1)} &= 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql} \\ &= (1,2 \times 167,425) + (1,6 \times 375) \\ &= 800,91 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. Pembebanan pada bordes

a. Beban mati (qd)

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri profil} &= 2 \times 31,5 &= 63 & \text{ kg/m} \\ \text{Berat pelat anak tangga} &= 2 \times 2,6 \times 0,005 \times 7.850 &= 204,1 & \text{ kg/m} \\ \text{Berat sandaran tangga} &= 2 \times \text{tsnd} \times \text{qsnd} \\ &= 2 \times 1 \times 3,15 &= \underline{6,3} & \text{ kg/m} \\ & &= 273,4 & \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{b. Beban hidup (ql)} = 1,5 \times 300 = 450 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban berfaktor (qu 2)} &= 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql} \\ &= (1,2 \times 273,4) + (1,6 \times 450) \\ &= 1.048,08 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

C. Perencanaan Dimensi Tangga

1. Analisa balok tangga dipakai baja profil WF 150 x 150 x 7 x 10
2. Analisa balok bordes dipakai baja profil WF 150 x 150 x 7 x 10

Perencanaan Ramp

A. Data Perencanaan

- a. Lebar *ramp* = 200 cm.
- b. Tinggi *ramp* = 300 cm.
- c. Jarak datar = 800 cm.
- d. Jarak miring = 854,4 cm
- e. Miring tangga (Θ) = $\text{arc tg} (300 / 800) = 20,55^\circ < 35^\circ$
- f. Pelat landasan menggunakan pelat baja t = 2 cm.
- g. Berat baja = 7.850 kg/m^3 .
- h. Balok *ramp* menggunakan baja profil WF 300 x 150 x 9 x 13.

B. Perhitungan Pembebanan

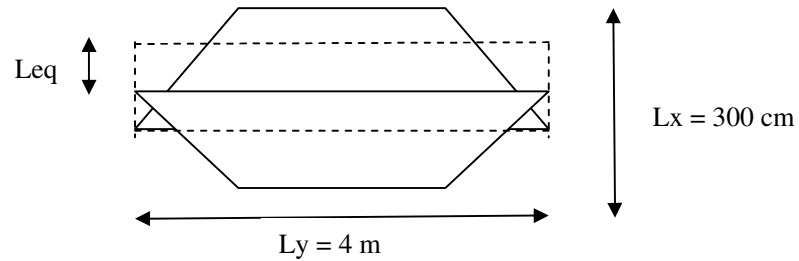
a) Beban mati (qd)

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri profil} &= 2 \times 36,70 &= 73,4 & \text{ kg/m} \\ \text{Berat pelat anak tangga} &= 2 \times 0,005 \times 7850 &= 78,5 & \text{ kg/m} \\ \text{Berat sandaran tangga} &= 2 \cdot \text{tsnd} \cdot \text{qsnd} \\ &= 2 \times 1 \times 3,67 &= \underline{7,34} & \text{ kg/m} \\ & &= 159,24 & \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{b) Beban hidup (ql)} = 2 \times 400 = 800 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban berfaktor (qu2)} &= 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql} \\ &= (1,2 \times 159,24) + (1,6 \times 800) \\ &= 1.471 \text{ kg/m} = 14,71 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Analisa Balok Anak



Gambar 5. Lebar Equivalen pada Balok Anak

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

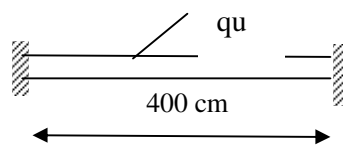
A. Analisa Pembebanan Balok Anak

a. Beban mati

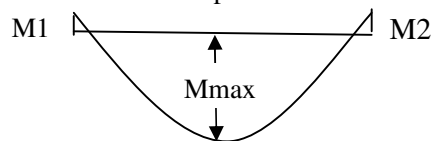
$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 1,2 \times 2 \times 0,15 \times 2400 &= 864 \text{ kg/m} \\ \text{Berat spesi} &= 1,2 \times 2 \times 2 \times 21 &= 100,8 \text{ kg/m} + \\ &&qd = 964,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Beban hidup (ql)} &= 1,2 \times 2 \times 400 &= 960 \text{ kg/m} \\ \text{Beban berfaktor (qu)} &= 1,2 qd + 1,6 ql \\ &= (1,2 \times 964,8) + (1,6 \cdot 960) \\ &= 2.693,76 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

B. Perencanaan Balok Anak



Gambar 6. Tumpuan Balok Anak



Gambar 7. Sketsa Momen balok Anak

Analisa menggunakan tumpuan sendi-roll

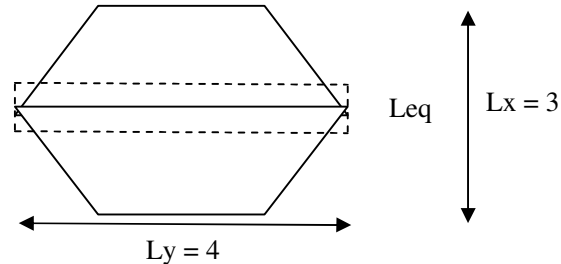
$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{8} \cdot qu \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 26,9376 \times 4^2 = 53,8752 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$Z_x \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y} = \frac{53,8752 \times 10^6}{0,9 \times 240} = 249.422,2 \text{ mm}^3 = 249,4 \text{ cm}^3$$

Dengan $Z_x = 249,4 \text{ cm}^3$, dari LRFD di dapat profil WF 250 x 125 x 6 x 9

Perencanaan Portal

Perhitungan Pembebanan Portal

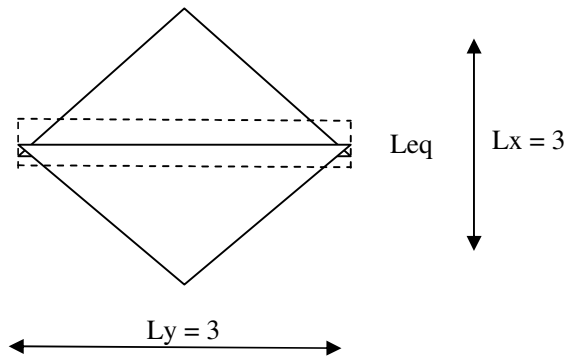


Gambar 8. Lebar Equivalen pada Balok Induk Tipe Beban Trapesium

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

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

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



Gambar 9. Lebar Equivalen pada Balok Induk Tipe Beban Segi Tiga

$$Leq = 1/3 Lx$$

$$Leq = 1/3 \times 3 = 1$$

A. Beban portal as 1 dan 5

1. Beban atap $P_a = R_a = R_b = 2.210,72 \text{ kg}$

2. Beban lantai 1 – 3 (sumbu x) as 1 dan 5 elemen A-B

a. Beban mati (qd)

$$\text{Berat pelat} = 1 \times 2 \times 0,15 \times 2.400 = 720 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi} = 1 \times 2 \times 2 \times 21 = 84 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 1 \times 0,15 \times 250 = 37,5 \text{ kg/m} +$$

$$= 841,5 \text{ kg/m}$$

b. Beban hidup (ql)

$$\text{Beban hidup} = 1 \times 2 \times 400 = 800 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban berfaktor (qu)} &= 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql} \\ &= (1,2 \times 841,5) + (1,6 \times 800) \\ &= 2.289,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

3. Beban Pba akibat dari beban balok anak pada pelat lantai

a. Beban mati (ql)

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 1,2 \times 2 \times 0,15 \times 2.400 = 864,0 \text{ kg/m} \\ \text{Berat spesi} &= 1,2 \times 2 \times 2 \times 21 = \underline{100,8 \text{ kg/m}} + \\ &= 964,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Beban hidup (ql)

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} &= 1,2 \times 2 \times 400 = 960 \text{ kg/m} \\ \text{Beban berfaktor (qu)} &= 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql} \\ &= (1,2 \times 964,8) + (1,6 \times 960) \\ &= 2.693,76 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Pba} = \text{Rav} = \text{Rbv} = \frac{1}{2} \cdot \text{qu} \cdot \text{L} = \frac{1}{2} \times 2.693,76 \times 4 = 5.387,52 \text{ kg}$$

B. Beban portal as 2, 3, dan 4

1. Beban lantai 1 – 3 (sumbu x) as 2, 3 dan 4 elemen A-B

a. Beban mati (qd)

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 1 \times 2 \times 2 \times 0,15 \times 2.400 = 1.440 \text{ kg/m} \\ \text{Spesi} &= 1 \times 2 \times 2 \times 2 \times 21 = \underline{168 \text{ kg/m}} + \\ &= 1.608 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Beban hidup (ql)

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} &= 1 \times 2 \times 2 \times 400 = 1.600 \text{ kg/m} \\ \text{Beban berfaktor (qu)} &= 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql} \\ &= (1,2 \times 1.608) + (1,6 \times 1.600) \\ &= 4.489,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. Beban Pba akibat dari beban balok anak pada pelat lantai

a. Beban mati (ql)

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 1,2 \times 2 \times 0,15 \times 2.400 = 864,0 \text{ kg/m} \\ \text{Berat spesi} &= 1,2 \times 2 \times 2 \times 21 = \underline{100,8 \text{ kg/m}} + \\ &= 964,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Beban hidup (ql)

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} &= 1,2 \times 2 \times 400 = 960 \text{ kg/m} \\ \text{Beban berfaktor (qu)} &= 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql} \\ &= (1,2 \times 964,8) + (1,6 \times 960) \\ &= 2.693,76 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Pba} = \text{Rav} = \text{Rab} = \frac{1}{2} \cdot \text{qu} \cdot \text{L} \cdot 2 = \frac{1}{2} \times 2.693,76 \times 4 \times 2 = 10.775,04 \text{ kg}$$

C. Beban portal as A dan K

1. Beban atap Pa = Ra = Rb = 2.210,72 kg

2. Beban lantai 1-3 (sumbu y) as A elemen 1-2

a. Beban mati (qd)

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 1,2 \times 0,15 \times 2.400 = 432,0 \text{ kg/m} \\ \text{Berat spesi} &= 1,2 \times 2 \times 21 = 50,4 \text{ kg/m} \\ \text{Berat dinding} &= 1 \times 0,15 \times 250 = \underline{37,5 \text{ kg/m}} + \\ &= 519,9 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Beban hidup (ql)

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} &= 1,2 \times 400 = 480 \text{ kg/m} \\ \text{Beban berfaktor (qu)} &= 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql} \\ &= (1,2 \times 519,9) + (1,6 \times 480) \\ &= 1.391,88 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

D. Beban portal as B- J

$$1. \text{ Beban atap} = R_a = R_b = 2.210,72 \text{ kg}$$

2. Beban lantai 1-3 (sumbu y) as B, C, D, E, F, G, H, I dan J elemen I-II

a. Beban mati (qd)

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 1,2 \times 2 \times 0,15 \times 2.400 &= 864,0 \text{ kg/m} \\ \text{Berat spesi} &= 1,2 \times 2 \times 2 \times 21 &= 100,8 \text{ kg/m} + \\ & & \text{qd} &= 964,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Beban hidup (ql)

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup} &= 1,2 \times 2 \times 400 &= 960 \text{ kg/m} \\ \text{Beban berfaktor (qu)} &= 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql} \\ &= (1,2 \times 964,8) + (1,6 \times 960) \\ &= 2.693,76 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

E. Beban Angin

Kecepatan angin = 80 km/jam.

$$\text{Tekanan (P)} = \frac{v^2}{16} = \frac{80^2}{16} = 400 \text{ kg/m}^2$$

qw = Jarak portal x P

$$\begin{aligned} &= 6 \times 400 \\ &= 2.400 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Mw = $\frac{1}{2}$. qw . h²

$$= \frac{1}{2} \times 2.400 \times 12^2 = 172.800 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} M &= (W_4) \cdot (e_4) + (W_3) \cdot (e_3) + (W_2) \cdot (e_2) + (W_1) \cdot (e_1) \\ &= (4W_1) \cdot (12) + (3W_1) \cdot (9) + (2W_1) \cdot (6) + (W_1) \cdot (3) \end{aligned}$$

$$172.800 = 90 W_1$$

$$W_i = \frac{172.800}{90} = 1.920 \text{ kg}$$

$$W_2 = 2 \cdot W_1$$

$$= 2 \times 1.920 = 3.840 \text{ kg}$$

$$W_3 = 3 \cdot W_1$$

$$= 3 \cdot 1.920 = 5.760 \text{ kg}$$

$$W_4 = 4 \cdot W_1$$

$$= 4 \times 1.920 = 7.680 \text{ kg}$$

F. Beban Gempa

Berat total bangunan;

a. Berat lantai 1 – 3

Beban mati (qd):

$$\text{Berat pelat} = 60 \times 16 \times 0,15 \times 24.00 = 345.600 \text{ kg}$$

$$\text{Berat balok anak} = 16 \times 9 \times 29,6 = 4.263 \text{ kg}$$

$$\text{Berat balok induk} = 16 \times 11 \times 137 \text{ (sumbu y)} = 24.112 \text{ kg}$$

$$\text{Berat balok induk} = 60 \times 5 \times 94 \text{ (sumbu x)} = 28.200 \text{ kg}$$

$$\text{Berat kolom} = 55 \times 3 \times 172 = 28.380 \text{ kg}$$

$$\text{Berat dinding} = 152 \times 1 \times 0,15 \times 250 = 5.700 \text{ kg}$$

$$\text{Berat spesi} = 60 \times 16 \times 0,02 \times 2100 = 40.320 \text{ kg}$$

$$= 476.575 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup (ql)} = 60 \times 16 \times 400 = 384.000 \text{ kg}$$

$$W_i \text{ lantai} = \text{qd} + \text{ql}$$

$$= 860.575 \text{ kg}$$

b. Berat atap

Beban mati (qd):

$$\begin{aligned} \text{Berat kuda-kuda} &= 659,992 \times 11 &= 7.260 \text{ kg} \\ \text{Berat asbes} &= 60 \times 9,24 \times 11 \times 2 &= 12.197 \text{ kg} \\ \text{Berat gording} &= 60 \times 8 \times 5,92 &= 2.842 \text{ kg} \\ &&22.299 \text{ kg} \\ \text{Beban hidup (ql)} &= 60 \times 9,24 \times 100 \times 2 &= 110.880 \text{ kg} \\ \text{Wi atap} &= qd + ql \\ &= 133.179 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Wi Total} &= (3 \times \text{Wi lantai}) + \text{Wi atap} \\ &= (3 \times 860.575) + 133.179 \\ &= 2.714.904 \text{ kg} \end{aligned}$$

1) Faktor reduksi gempa (R)
Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) memiliki nilai faktor reduksi gempa (R) sebesar 8,5

2) Waktu getar alami fundamental (T1)

$$\begin{aligned} T1 &= 0,085 \times H^{0,75} \\ &= 0,085 \times 12^{0,75} \\ &= 0,548 \text{ detik} \end{aligned}$$

Kontrol, $T1 < \zeta n$

$$T1 < 0,17 \times 4$$

$T1 < 0,68$, maka T1 diambil 0,68 detik

3) Faktor respons gempa (C1)

Dari grafik respon spektrum gempa rencana dengan waktu getar alami fundamental (T1) sebesar 0,68 detik diperoleh nilai C1 sebesar 0,07.

4) Gaya geser dasar nominal statik ekuivalen (V)

$$V = C \cdot \frac{1}{R} \cdot W_t$$

$$V = 0,68 \times \frac{1,0}{8,5} \times 2.714.904 = 217.192,32 \text{ kg}$$

5) Pembagian beban geser dasar nominal sepanjang tinggi gedung

Rasio tinggi gedung dengan lebar ukuran gedung terbebani gempa:

$$\frac{H}{L_x} = \frac{12}{60} = 0,2$$

Karena $H/L_x < 3$ maka beban geser dasar nominal V, harus diabaikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke-i.

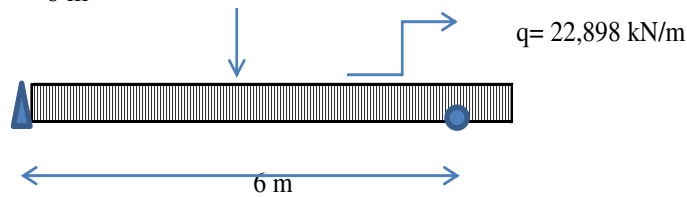
$$F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\sum (W_i \cdot H_i)} V$$

Tabel 1. Distribusi Beban Gempa

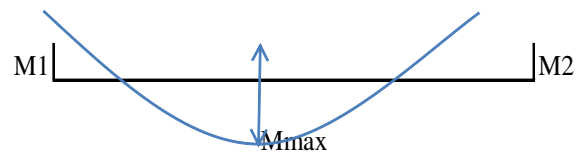
Lantai ke	Hi (m)	Wi (kg)	Hi x Wi (kg.m)	$\frac{W_i \cdot H_i}{\sum W_i \cdot H_i}$	Ft (kg)	Fi (kg)
Atap	12	133179	1598148	0.093522	20312.23	1846.566
3	9	860575	7745175	0.453239	98440.05	8949.095
2	6	860575	5163450	0.302159	65626.70	5966.063
1	3	860575	2581725	0.15108	32813.35	2983.032
Σ		2714904	17088498			

Analisa Portal

- A. Perencanaan balok (sumbu x) as 1 dan 5
 Data perencanaan hasil analisa SAP 2000
 Frame = As 1 A-B lantai 3
 M1 = -90,8908 kN.m
 Mmax = 81,9291 kN.m
 M2 = -121,1362 kN.m
 Nu = -47,955 kN
 Vu = 103,401 kN
 L = 6 m



Gambar 10. Tumpuan Balok Induk As 1 dan 5



Gambar 11. Momen Balok Induk As 1 dan 5

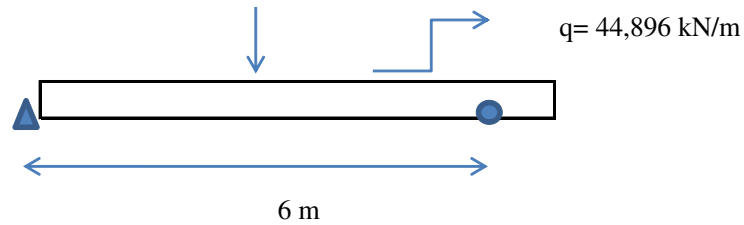
Analisa menggunakan tumpuan sendi-roll

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{8} \cdot qu \cdot L^2 + \frac{1}{4} P \cdot L \\ &= \frac{1}{8} \times 22.898 \times 6^2 + \frac{1}{4} \times 53.8752 \times 6 = 183.8538 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

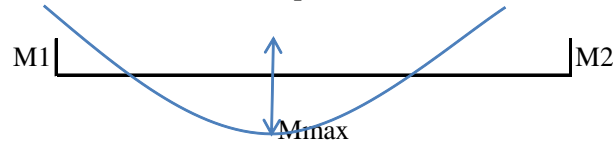
$$Z_x \text{ perlu} = \frac{Mu}{\phi f_y} = \frac{183,858 \times 10^6}{0,9 \cdot 210} = 851.175 \text{ mm}^3 = 851 \text{ cm}^3$$

Digunakan profil WF 300 x 300 x 10 x 15

- B. Perencanaan balok (sumbu x) as 2, 3 dan 4
 Data perencanaan hasil analisa SAP 2000
 Frame = As 2 A-B lantai 3
 M1 = -154,1131 kN.m
 Mmax = 169,3192 kN.m
 M2 = -242,3907 kN.m
 Nu = -82,124 kN.m
 Vu = 205,885 kN.m
 L = 6 m



Gambar 12. Tumpuan balok Induk As 2, 3 dan 4



Gambar 13. Momen Balok Induk As 2, 3 dan 4

Analisa menggunakan tumpuan sendi-rol

$$Mu = \frac{1}{8} \cdot qu \cdot L^2 + \frac{1}{4} \cdot P \cdot L$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 44,896 \cdot 6^2 + \frac{1}{4} \cdot 107,7504 \cdot 6 = 363,6576 \text{ kN.m}$$

$$Zx \text{ perlu} = \frac{Mu}{\phi \cdot fy} = \frac{363,6576 \times 10^6}{0,9 \cdot 210} = 1.983.600 \text{ mm}^3 = 1.983,6 \text{ cm}^3$$

Digunakan profil WF 500 x 200 x 10 x 16

C. Perencanaan balok (sumbu y) as A dan K

Data perencanaan hasil analisa SAP 2000

Frame = As A 1-2 lantai 3

M1 = 31,4139 kN.m

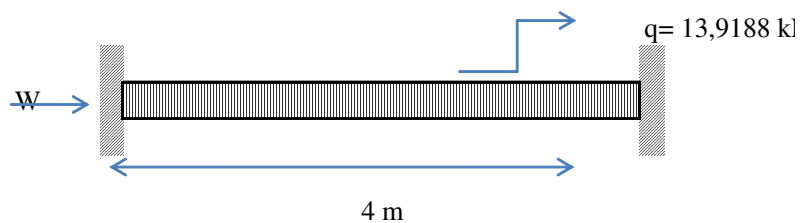
Mmax = 32,3863 kN.m

M2 = -60,1177 kN.m

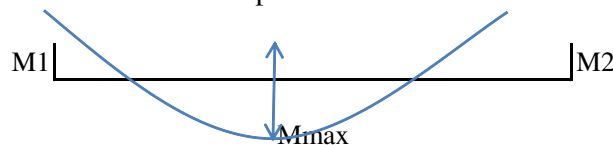
Nu = -152,989 kN.m

Vu = 51,257 kN.m

L = 4 m



Gambar 14. Tumpuan Balok Induk As A dan K



Gambar 15. Momen Balok Induk As A dan K

Analisa awal menggunakan tumpuan sendi-rol

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} q_u L^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 13,9188 \cdot 4^2 = 27,8376 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Dengan tumpuan jepit-jepit

$$\begin{aligned} M_u &= M_{\max} + 10\% \cdot \left(\frac{M_1 + M_2}{2} \right) \\ &= 32,3863 + 0,1 \cdot \left(\frac{51,4139 + 60,1177}{2} \right) \\ &= 36,9629 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$M_u < M_2$

$$36,9629 < 60,1177$$

Dipakai $M_u = 60,1177 \text{ kN.m}$

$$Z_x \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi f_y} = \frac{60,1177 \times 10^6}{0,9 \cdot 240} = 278.322 \text{ mm}^3 = 278 \text{ cm}^3$$

Digunakan profil WF 200 x 200 x 8 x 12

D. Perencanaan balok (sumbu y) as B-J

Data perencanaan hasil analisa SAP 2000

Frame = As B 1-2 lantai 3

$M_1 = 51,8635 \text{ kN.m}$

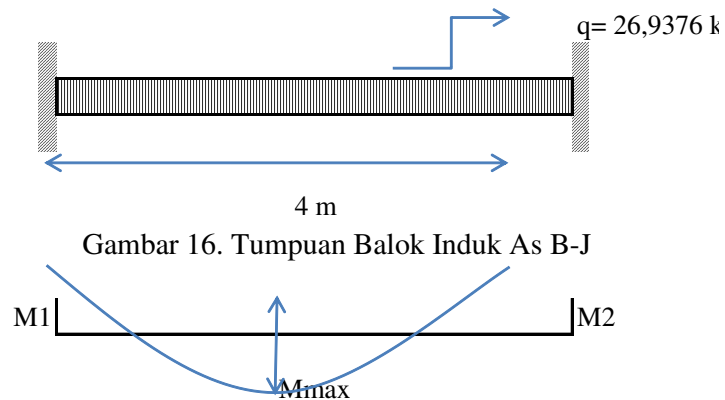
$M_{\max} = 58,0934 \text{ kN.m}$

$L = 4 \text{ m}$

$M_2 = -90,091 \text{ kN.m}$

$N_u = -154.658 \text{ kN.m}$

$V_u = 90,287 \text{ kN.m}$



Gambar 16. Tumpuan Balok Induk As B-J

Gambar 17. Momen Balok Induk As B-J

Analisa awal menggunakan tumpuan sendi-rol

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} q_u \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 26,9376 \cdot 4^2 = 53,8752 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \text{Mmax} + 10\% \cdot \left(\frac{\text{M1} + \text{M2}}{2} \right) \\ &= 58,0934 + 0,1 \left(\frac{21,8632 + 90,091}{2} \right) \\ &= 65,1911 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\text{Mu} < \text{M}_2$$

$$65,1911 < 90,091$$

Dipakai $\text{Mu} = 90,091 \text{ kN.m}$

$$\text{Zx perlu} = \frac{\text{Mu}}{\phi f_y} = \frac{90,091 \times 10^6}{0,9 \cdot 240} = 417.088 \text{ mm}^3 = 407 \text{ cm}^3$$

Digunakan profil WF 300 x 300 x 10 x 15

E. Perencanaan Kolom Lantai 1 - 3

Data perencanaan:

Frame = Portal 2, 3 dan 4

M atas = 91,8136 kN.m (As A lantai 3)

M bwh = -39,4479 kN.m (As A lantai 3)

Nu = -1180,817 kN (As B lantai 1)

Vu = 43,754 kN (As A lantai 3)

L = 3 m

W1 = 1.920 kg

Digunakan profil WF 400 x 400 x 13 x 21

F. Perencanaan Kolom lantai 4

Data perencanaan:

Frame = As 1 portal A dan K

M atas = 0 kN.m

M bwh = 184,3200 kN.m

Nu = -22,107 kN

Vu = 61,440 kN

L = 3 m

W1 = 7.680 kg

Digunakan profil WF 350 x 350 x 12 x 19

Perencanaan Sambungan

A. Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Portal sumbu as 1 dan 5

Karena reaksi balok tidak terlalu besar (kurang dari 200 kN) maka tidak perlu pegaku vertikal.

$$P_u = 103,401 \text{ kN}$$

Profil WF 300 x 300 x 10 x 15, $k = 33$

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \phi_y \cdot t_w \cdot (N + 2,5 k)$$

$$= 1$$

$$t_w = 10 \text{ mm}$$

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

maka $N = -28,64 \text{ mm} \rightarrow N_{\text{min}} = k$, maka diambil $N = 33$

Asumsi $k_{\text{siku}} = 25 \text{ mm}$, sehingga momen pada penampang kritis adalah:

$$\begin{aligned} M_u &= P_u \left(\frac{N}{2} + 20 - k_{\text{siku}} \right) = 103.401 (16,5 + 20 - 25) \\ &= 1.189.112 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Dicoba *seat angle* dengan panjang 15 cm, sehingga kapasitas momen nominal dari *seat angle* adalah:

$$M_n = M_p = \frac{M_u}{\phi} = f_y \frac{b \cdot r^2}{4}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1.189.112}{0,9} = 1.321.236 \text{ N.mm} = f_y \frac{b \times r^2}{4}$$

$$\text{Sehingga } t = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{M_u}{\phi}}{b \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.321.236}{150 \times 240}} = 12,1 \text{ mm}$$

Gunakan siku 120 x 120 x 12 (k = 25 mm, sesuai asumsi awal).

Selanjutnya, kuat tekuk dukung dari balok juga harus diperiksa, dengan mengingat N = 33, d = 300, t_f = 15, t_w = 10, f_{yw} = 240 MPa, serta $\frac{N}{d} = \frac{33}{300} = 0,11 < 0,2$, maka:

$$\phi \cdot P_n = 0,75 \cdot (0,39) \cdot t_w^2 \left[1 + \frac{3N}{d} \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E \cdot f_y \cdot t_f}{t_w}}$$

$$= 296.523 \text{ N} > P_u (= 103,401 \text{ kN}) \quad (\text{OK})$$

Asumsikan sambungan baut tipe tumpu dengan ulir diluar bidang geser, gunakan baut Ø 19 mm, f_u^b = 825 MPa.

$$R_n = 0,5 f_u^b m \cdot A_b = 0,75 \times 0,5 \times 825 \times 1 \times 283,64 = 87.716,7 \text{ N}$$

$$= 87,7 \text{ kN}$$

$$n = \frac{103,401}{87,7} = 1,1 \sim 2 \text{ buah baut}$$

B. Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Balok induk WF 500 x 200 x 10 x 16 dan WF 300 x 300 x 10 x 15

Balok anak WF 250 x 125 x 6 x 9 (q = 2,69376 ton)

Baut A325 Ø19 mm

Mutu baja BJ-37

Tahanan tumpu pada bagian *web* dari balok:

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 2,4 \cdot f_u^b \cdot d_b \cdot t_p$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 370 \times 19 \times 6 = 7,59 \text{ ton/baut}$$

Tahanan geser baut dengan dua bidang geser:

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 0,5 \cdot f_u^b \cdot m \cdot A_t$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 825 \times 2 \times 283,64 = 17,55 \text{ ton/baut}$$

Penghitungan jumlah baut:

$$n = \frac{2,69376}{7,59} = 0,4 \sim 2 \text{ buah baut}$$

Gunakan profil siku 80 x 80 x 6 dengan panjang 210 mm.

Periksa geser balok:

$$A_{gv} = 210 \times 6 = 1.260 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = (210 - 3(19 + 2)) \times 6 = 882 \text{ mm}^2$$

$$A_{gt} = 40 \times 6 = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = (40 - 0,5(19 + 2)) \times 6 = 177 \text{ mm}^2$$

$$f_u \cdot A_{nt} = 370 \times 177 = 65.490 \text{ N}$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \times 370 \times 882 = 195.804 \text{ N}$$

Karena $f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$ maka,

$$T_n = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gr} = 195.804 + (240 \times 240) = 253.404 \text{ N}$$

$$= 25,34 \text{ ton}$$

$$\cdot T_n = 0,75 \times 25,34 = 19 \text{ ton} > P_{u1} = 2,69 \text{ ton}$$