

# ANALISIS STRUKTUR KOLOM DAN BALOK BAJA DITINJAU DARI KEKUATAN DAN BIAYA PADA GEDUNG KANTOR PLN DISTRIBUSI LAMPUNG

**Suhendra Adi Saputra<sup>1</sup>, Masykur<sup>2</sup>, Sari Utama Dewi<sup>3</sup>**

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro Lampung  
Jl.Ki Hajar Dewantara No.166 Kota Metro Lampung 34111, Indonesia  
Email : hendra1905@gmail.com<sup>1</sup>, masykur.57@gmail.com<sup>2</sup>,  
saridewi.dewi1981@gmail.com<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Perencanaan suatu struktur gedung harus memperhitungkan gaya-gaya yang terjadi, serta direncanakan sesuai standar dan ketentuan yang berlaku. Analisis struktur atas gedung kantor PLN Distribusi Lampung menggunakan bahan material baja yang mengacu pada Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002) dan Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015). Rencana Anggaran Biaya menggunakan analisis harga satuan yang berlaku di kota Bandar Lampung tahun 2017 dan menggunakan analisa SNI tahun 2008.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kembali struktur kolom dan balok baja, dan untuk mengetahui berapa rencana anggaran biaya (RAB) struktur kolom dan balok berdasarkan metode pelaksanaan pekerjaan dan material yang digunakan pada Gedung Kantor PLN Distribusi Lampung.

Analisis struktur atas meliputi perencanaan kolom, balok. Sedangkan plat lantai dianggap sebagai beban. Perencanaan struktur direncanakan menggunakan material baja IWF. Profil baja yang digunakan untuk kolom (K 300x300x10x15), balok menggunakan profil (B500x200x10x16). Selain itu, dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk struktur kolom, dan balok untuk mengetahui berapa besar biaya yang digunakan dalam perencanaan suatu struktur baja. Perhitungan RAB menggunakan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) kota Bandar Lampung tahun 2017.

Dari hasil analisis yang dilakukan didapat bahwa profil kolom yang digunakan aman dari segi kekuatan, tetapi boros dari segi dimensi dan profil di anggap terlaui besar dan dari hasil perhitungan RAB struktur kolom dan balok baja yaitu sebesar Rp.1.135.636.948,92,- (*Satu Milyar Seratus Tiga Puluh Lima Juta Enam Ratus Tiga Puluh Enam Ribu Sembilan Ratus Empat Puluh Delapan Koma Sembilan Dua Rupiah*).

**Kata Kunci** : Struktur, Baja IWF, Kolom, Balok, RAB

## PENDAHULUAN

Material konstruksi yang paling populer saat ini adalah baja. Material ini merupakan komponen utama dari bangunan-bangunan di dunia, khususnya bangunan tinggi. Baja merupakan salah satu bahan yang sangat banyak dipakai di

seluruh dunia untuk keperluan kehidupan manusia, khususnya di dunia industri.

Baja merupakan salah satu material konstruksi yang sering digunakan dalam konstruksi baik sebagai kolom dan balok bangunan bertingkat, jembatan, menara, rangka atap dan berbagai konstruksi sipil lainnya. Konstruksi baja sering dijumpai

pada gedung pabrik, gedung olahraga dan gedung bertingkat lainnya.

Salah satu bangunan bertingkat yaitu gedung PLN Distribusi Lampung, yang terletak di jalan Z.A Pagar Alam No.5, Rajabasa, Bandar Lampung memiliki jumlah 2 lantai dan dibangun menggunakan struktur baja, dimana kolom dan baloknya adalah profil baja.

## TINJAUAN PUSTAKA

Baja merupakan salah satu bahan konstruksi yang penting. Sifat-sifatnya yang unggul seperti sifat daktilitasnya, penting dalam penggunaan dibandingkan terhadap bahan lain yang tersedia.

### Klasifikasi Baja

SNI 03-1729-2002 mengambil beberapa sifat-sifat mekanik dari material baja yang sama yaitu:

Modulus Elastis,  $E = 200.000 \text{ Mpa}$

Modulus Geser,  $G = 80.000 \text{ Mpa}$

Rasio Poisson = 0,30

Koefisien muai panjang,  $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

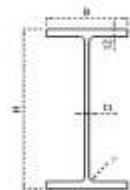
Tabel 1. Sifat-sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum, $f_u$ (Mpa)	Tegangan Leleh Minimum, $f_y$ (Mpa)	Regangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber : Klasifikasi Mutu Dari Material Baja (SNI 03-1729-2002)

### Profil Baja Wide Flange

Baja Profil *WF-beam* memiliki dimensi tinggi badan (H), lebar sayap (B), tebal badan (t1), tebal sayap (t2) merata dari ujung hingga pangkal radius (r)



Gambar 1. Profil Baja Wide Flange

## Beban

### 1. Beban Mati ( $D_L$ )

Tabel 2. Berat Sendiri Bahan Bangunan

No	Jenis ( Bahan Bangunan )	Berat	Satuan
1	Baja	7850	$\text{Kg/m}^3$
2	Batu alam	2600	$\text{Kg/m}^3$
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500	$\text{Kg/m}^3$
4	Batu karang (berat tumpuk)	700	$\text{Kg/m}^3$
5	Batu pecah	1450	$\text{Kg/m}^3$
6	Besi tuang	7250	$\text{Kg/m}^3$
7	Beton ( $^{\circ}$ )	2200	$\text{Kg/m}^3$
8	Beton bertulang ( $^{\circ}$ )	2400	$\text{Kg/m}^3$
9	Kayu (Kelas I) ( $^{\circ}$ )	1000	$\text{Kg/m}^3$
10	Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650	$\text{Kg/m}^3$
11	Pasangan bata merah	1700	$\text{Kg/m}^3$
12	Pasangan batu belah, batu belat, batu gunung	2200	$\text{Kg/m}^3$
13	Pasangan batu cetak	2200	$\text{Kg/m}^3$
14	Pasangan batu karang	1450	$\text{Kg/m}^3$
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600	$\text{Kg/m}^3$
16	Pasir (jenuh air)	1800	$\text{Kg/m}^3$
17	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850	$\text{Kg/m}^3$
18	Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700	$\text{Kg/m}^3$
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000	$\text{Kg/m}^3$
20	Timah hitam (Timbel)	11400	$\text{Kg/m}^3$

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung (PPPURG) 1987

Tabel 3. Berat Sendiri Komponen Bangunan

No	Jenis (Konstruksi)	Massa jenis	Satuan $\text{Kg/m}^2$
1	Berat penutup atap genteng dengan reng dan usuk/kaso per $\text{m}^2$ bidang atap.	50	$\text{Kg/m}^2$
2	Berat plafond dan penggantung langit-langit.	18	$\text{Kg/m}^2$
3	Berat $\frac{1}{2}$ pasangan bata.	250	$\text{Kg/m}^2$
4	Berat pasangan satu batu bata.	450	$\text{Kg/m}^2$
5	Berat penutup lantai dari keramik dengan adukan.	30	$\text{Kg/m}^2$

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983

### 2. Beban Hidup ( $L_L$ )

Tabel 4. Muatan Hidup Lantai Bangunan

No	Jenis (Konstruksi)	Satuan $\text{Kg/m}^2$
1	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam 2.	200 $\text{Kg/m}^2$
2	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel.	125 $\text{Kg/m}^2$
3	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.	250 $\text{Kg/m}^2$
4	Lantai ruang olah raga.	400 $\text{Kg/m}^2$
5	Lantai ruang dansa.	500 $\text{Kg/m}^2$
6	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum.	400 $\text{Kg/m}^2$
7	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan, tidak termasuk yang disebut dalam 1 s/d 5 seperti gereja, ruang konser, ruang pertunjukan, ruang rapat, bioskop dan sebagainya juga panggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400 $\text{Kg/m}^2$

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983

## Kombinasi Beban

Menurut SNI 03-1729-2002 mengenai kombinasi pembebanan sebagai berikut:

- 1)  $1,4D$ ,
- 2)  $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$ ,
- 3)  $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (\gamma L \cdot L \text{ atau } 0,8W)$ ,
- 4)  $1,2D + 1,3W + \gamma L \cdot L + 0,5(Lr \text{ atau } H)$ ,
- 5)  $1,2D \pm 1,0E + \gamma L \cdot L$ , dan
- 6)  $0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E)$ .

Dengan :

D = Beban mati

L = Beban hidup

Lr = Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan

H = Beban air hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

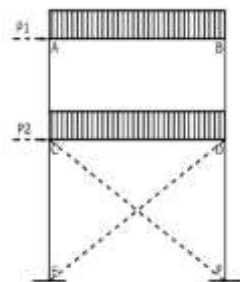
E = Beban gempa

$\gamma L$  = Koefisien,  $\gamma L = 0,5$  bila  $L < 5$  kpa,  $\gamma L = 1$  bila  $L \geq 5$  kpa,

## Definisi Balok-Kolom

Apabila besarnya gaya aksial yang bekerja cukup kecil dibandingkan momen lentur yang bekerja, maka efek dari gaya aksial tersebut dapat diabaikan dan komponen struktur tersebut dapat didesain sebagai komponen balok lentur. Namun apabila komponen struktur memikul gaya aksial dan momen lentur tidak dapat diabaikan salah satunya, maka komponen struktur tersebut dinamakan balok-kolom (Setiawan, 2008).

Elemen balok-kolom umumnya dijumpai pada struktur-struktur statis tak tertentu, yang dimisalkan pada struktur portal statis tak tertentu.



Gambar 2. Struktur Portal Statis Tak Tertentu.

## Perencanaan Struktur

### 1. Desain Balok

a. Momen nominal pengaruh tekuk lokal (*local buckling*)

Pengaruh tekuk lokal (*local buckling*) pada sayap

Kelangsingan penampang sayap

$$\frac{bf}{2 \cdot tf} \leq \lambda$$

Batas kelangsingan maksimum untuk penampang *compact*

$$\lambda = 0,38 \sqrt{\frac{Es}{Fy}}$$

Keterangan :

$bf$  = lebar sayap

$tf$  = tebal sayap

$Es$  = Modulus Elastisitas Baja

$Fy$  = Tegangan Leleh Baja

$\lambda$  = Kelangsingan

b. Momen nominal balok plat ber dinding penuh kelangsingan penampang badan

$$\frac{d}{tw} \leq \lambda$$

Batas kelangsingan maksimum untuk penampang *compact*

$$\lambda = 2,45 \sqrt{\frac{Es}{Fy}}$$

Keterangan :

$d$  = Tinggi profil

$tw$  = tebal badan

c. Pemeriksaan Pengaruh Tekuk Lateral dan Kuat Lentur Panjang bentang maksimum balok yang mampu menahan momen plastis

$$Lp = 1,76 \cdot iy \cdot \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

Momen nominal komponen struktur dengan pengaruh tekuk lateral, untuk :

$$L \leq Lp \rightarrow Mn = Mp = fy \cdot Zx$$

momen plastis :

$$Mp = fy \cdot Zx$$

Maka Rasio Momen balok:

$$\frac{Mu}{\Phi_b \times Mn} < 1$$

Keterangan :

$L_p$  = Panjang Bentang Profil

$i_y$  = Momen Inersia

$M_n$  = Momen Nominal

$M_p$  = Momen Plastis

$f_y$  = Tegangan Leleh Baja

$Z_x$  =Tahanan Momen Plastis Terhadap Sumbu X

$\Phi_b$  = faktor reduksi = 0,9

d. Pemeriksaan kuat geser balok

Kuat geser nominal ditentukan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \times f_y \times (d \times t_w)$$

Rasio kapasitas geser balok :

$$\frac{V_u}{\Phi_s \times V_n} < 1$$

e. Pemeriksaan interaksi Lentur dan Geser

Persamaan interaksi :

$$\frac{M_u}{\Phi_b \times M_n} + 0,625 \times \frac{V_u}{\Phi_s \times V_n} < 1,375$$

Keterangan :

$V_n$  = Kuat Geser Nominal

$\Phi_s$  = faktor reduksi = 0,9

$V_u$  = kuat geser ultimate

$M_u$  = Momen ultimate

## 2. Desain Kolom

a. Pemeriksaan kelangsingan penampang kolom

Untuk sayap :

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} \leq \lambda = 0,38 \sqrt{\frac{E_s}{f_y}}$$

Untuk badan :

Jika  $C_a \leq 0,125$  maka :

$$\frac{d}{t_w} \leq \lambda = 2,45 \sqrt{\frac{E_s}{f_y}} (1 - 0,93 \times C_a)$$

Jika  $C_a \geq 0,125$  maka :

$$\frac{d}{t_w} \leq \lambda = 0,77 \sqrt{\frac{E_s}{f_y}} (2,93 - C_a) \geq 1,49 \sqrt{\frac{E_s}{f_y}}$$

Dimana :

$$P_y = A_s \times f_y$$

$$C_a = \frac{P_u}{\Phi_c \times P_y}$$

b. Pemeriksaan kelangsingan elemen kolom

$$L_{bmax} = 0,086 \times i_y \times \frac{E_s}{f_y}$$

c. Pemeriksaan kapasitas aksial kolom  
Menentukan panjang efektif kolom  
 $k_x = k_y = 1$

$$\lambda_x = \frac{k_x \times L_b}{i_x}$$

$$\lambda_y = \frac{k_y \times L_b}{i_y}$$

Pemeriksa tegangan lentur tekuk

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 \times E_s}{\lambda_y^2}$$

$$F_{cr} = 0,658 \frac{f_y}{F_{ey}} \times f_y$$

Maka kapasitas aksial kolom

$$\Phi P_n = \Phi_c \times F_{cr} \times A_s$$

Rasio aksial

$$\frac{P_u}{\Phi P_n} < 1$$

Keterangan :

$C_a$  = koefisien perbandingan kelangsingan kolom

$P_y$  = Beban Aksial

$A_s$  = Luas penampang Baja

$L_b$  = Panjang Profil Baja

$I_x/I_y$  = Momen Inersia

$E_s$  = Modulus Elastisitas Baja

$F_{cr}$  = Tegangan Kritis

$\Phi_c$  = Faktor Reduksi (0.9)

$P_n$  = *Beban Aksial Nominal*

$\pi$  = 3,14

## 3. Sambungan

Perencanaan sambungan harus memenuhi persyaratan berikut.

- Gaya-dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan;
- Deformasi pada sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan;
- Sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya-gaya yang bekerja padanya.

Dalam perencanaan penyambungan struktur baja ini digunakan sambungan momen jenis baut.

a. Kekuatan baut

- Baut memikul gaya tarik
- Kuat tumpu
- Menentukan jumlah baut
- Gaya lintang yang dipikul bersama oleh baut,
- Gaya normal yang dipikul bersama oleh baut,

6. Gaya tarik akibat momen
- b. Sambungan Las

### Rencana Anggaran Biaya

Secara umum perhitungan rencana anggaran biaya dapat dirumuskan :

$$RAB = \Sigma (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$

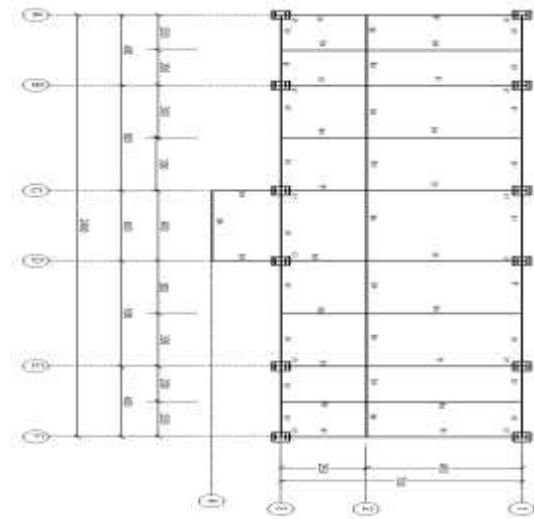
1. Analisa Harga Satuan
  - a. Daftar Analisa SNI
  - b. Daftar Analisa Modifikasi (EI)
2. Volume Pekerjaan  
Volume suatu pekerjaan ialah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan.
3. Langkah-Langkah Rencana Anggaran Biaya
  - a. Menganalisa Gambar
  - b. Harga Satuan Upah dan Bahan
  - c. Membuat Analisa Pekerjaan Per Item Pekerjaan
  - d. Membuat RAB

### METODE PENELITIAN

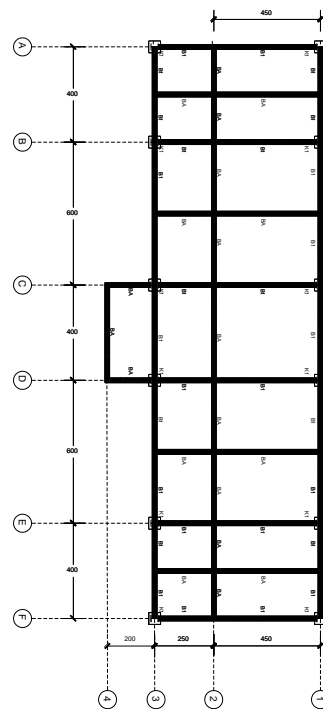
#### 1. Data Primer

- a. Spesifikasi dan Data Struktur
  1. Gedung terdiri dari 2(dua) lantai dan fungsi gedung sebagai kantor, beban hidup 250 kg/ m<sup>2</sup> (PPIUG 1983).
  2. Struktur utama (balok dan kolom) menggunakan bahan baja, Mutu Baja BJ 34, Dengan dimensi sebagai berikut
    - a. Balok induk 500.200.10.16
    - b. Kolom 300.300.10.15
  3. Baut yang digunakan tipe baut A-325 dengan diameter 24 mm
  4. Ketebalan Las 6 mm
  5. Dimensi pelat sambung
    - a. Lebar pelat sambung, b= 260 mm
    - b. Tebal pelat sambung, t= 16 mm

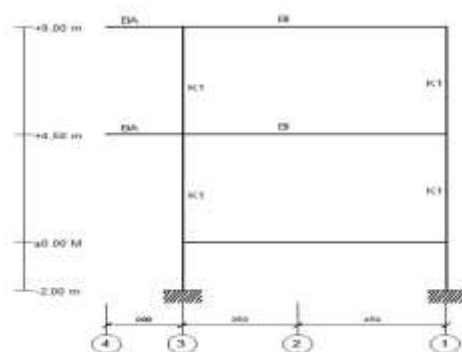
#### b. Gambar kerja



Gambar 3. Denah Gedung



Gambar 4. Denah Kolom Dan Balok



Gambar 5. Model Struktur Portal Baja

## 2. Data Sekunder

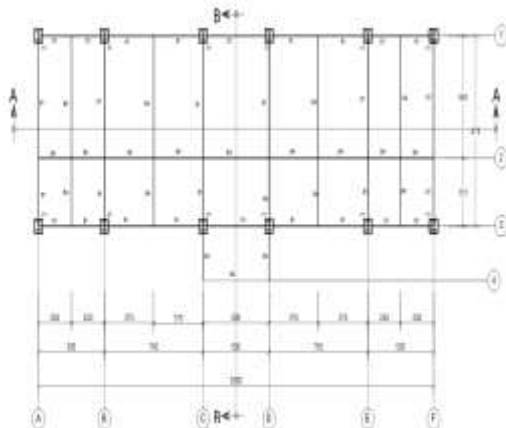
1. Daftar Standarisasi Harga Satuan Bahan dan Upah Tahun 2017
2. Daftar Analisa Harga Satuan Pekerjaan Tahun 2016.

## Metode Analisis

1. Pembuatan pemodelan struktur baja dari data denah bangunan yang ada.
2. Perhitungan beban
3. Memasukan data beban yang telah dihitung kemudian menghitung stuktur balok portal secara manual.
4. Analisis kekuatan penampang dan sambungan secara manual berdasarkan *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural* (SNI 1729:2015)
5. Penggambaran penampang dan sambungan
6. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) tahun 2017

## PEMBAHASAN

### Perhitungan Pembebanan



Gambar 6. Denah Pembebanan Pelat Lantai dan Atap

### 1. Pembebanan Plat Atap

- a. Beban Mati ( $W_D$ ) = 399,3 kg/m<sup>2</sup>
- b. Beban Hidup ( $W_L$ ) = 100 kg/m<sup>2</sup>
- c. Beban *Ultimate*  

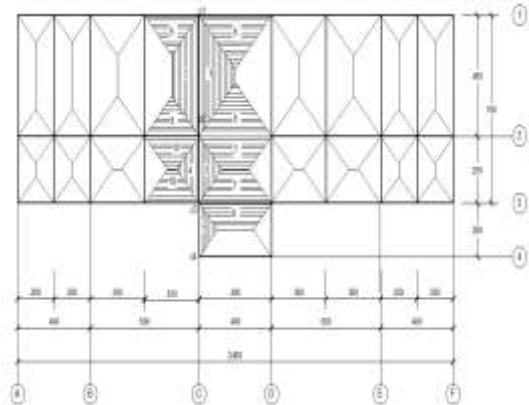
$$q_{ult} = 1,2 (W_D) + 1,6 (W_L)$$

$$= 1,2 (399,3) + 1,6 (100)$$

$$= 639,16 \text{ kg/m}^2$$
- d. Beban Sendiri pada Balok IWF BI 500x200x10x16= 89,7 kg/m<sup>2</sup>

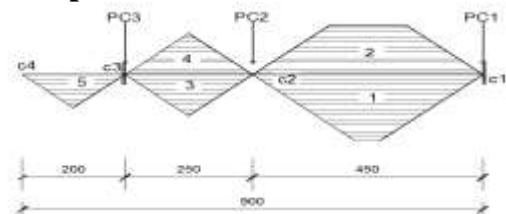
$$BA 400 \times 200 \times 8 \times 13 = 66,0 \text{ kg/m}^2$$

- e. Beban-Beban Equivalen Plat Atap Terhadap Balok



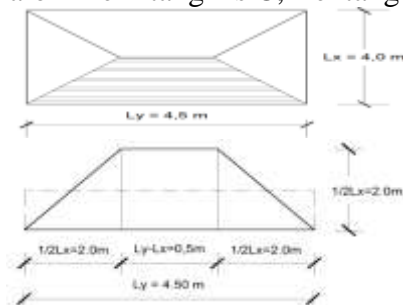
Gambar 7. Denah dan Distribusi Balok Portal AS C

### 2. Pembebanan Balok Induk / Portal Atap



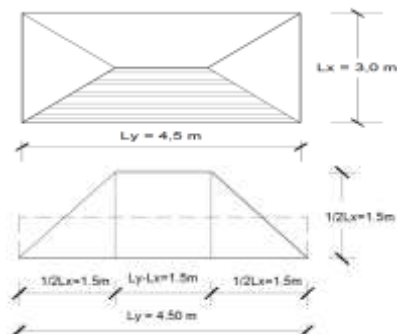
Gambar 8. Pembebanan Balok Induk / Portal AS C

- a. Balok Melintang As C, Bentang C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>



$$q_{ek1} = \left[ \frac{1}{6} Lx \right] \cdot \left[ 3 - \left( \frac{Lx}{ly} \right)^2 \right] \times q_{ult}$$

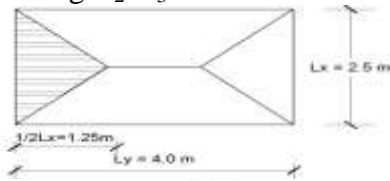
$$= 1,47 \times 639,16 = 939,57 \text{ kg/m}$$



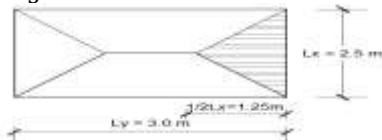
$$q_{ek2} = \left[ \frac{1}{6} Lx \right] \cdot \left[ 3 - \left( \frac{Lx}{ly} \right)^2 \right] \times q_{ult}$$

$$= 1,28 \times 639,16 = 818,13 \text{ kg/m}$$

b. Bentang C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>

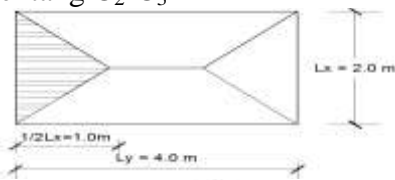


$$q_{ek3} = \frac{1}{3} \cdot L \cdot q_{ult} = 532,63 \text{ kg/m}$$



$$q_{ek4} = \frac{1}{3} \cdot L \cdot q_{ult} = 532,63 \text{ kg/m}$$

c. Bentang C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>



$$q_{ek5} = \frac{1}{3} \cdot L \cdot q_{ult} = 426,11 \text{ kg/m}$$

Maka  $q_{ek}$  total atap adalah :

Bentang C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>

$$= q_{ek1} + q_{ek2} + q_{bs} = 1847,4 \text{ kg/m}$$

Bentang C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>

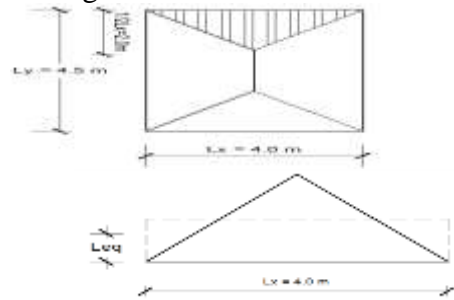
$$= q_{ek3} + q_{ek4} + q_{bs} = 1154,96 \text{ kg/m}$$

Bentang C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>

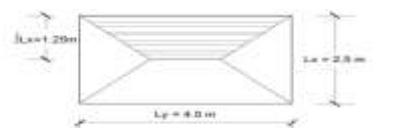
$$= q_{ek5} + q_{bs} = 492,11 \text{ kg/m}$$

### 3. Pembebanan Balok Anak

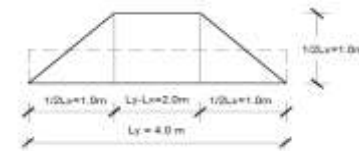
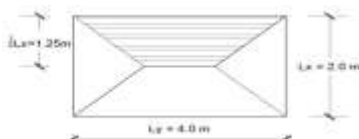
a. Bentang C<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>



$$q_{ek6} = \frac{1}{3} \cdot L \cdot q_{ult} = 852,21 \text{ kg/m}$$

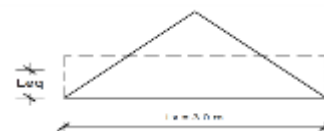
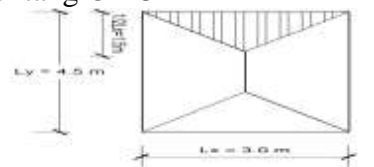


$$q_{ek7} = \left[ \frac{1}{6} Lx \right] \cdot \left[ 3 - \left( \frac{Lx}{ly} \right)^2 \right] \times q_{ult} = 700,48 \text{ kg/m}$$

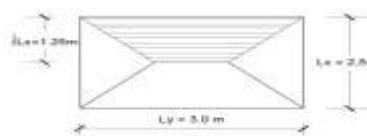


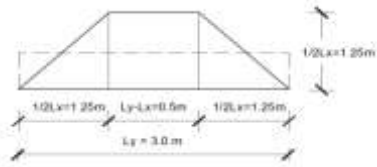
$$q_{ek8} = \left[ \frac{1}{6} Lx \right] \cdot \left[ 3 - \left( \frac{Lx}{ly} \right)^2 \right] \times q_{ult} = 580,04 \text{ kg/m}$$

b. Bentang C<sub>2</sub>-C<sub>2</sub>'



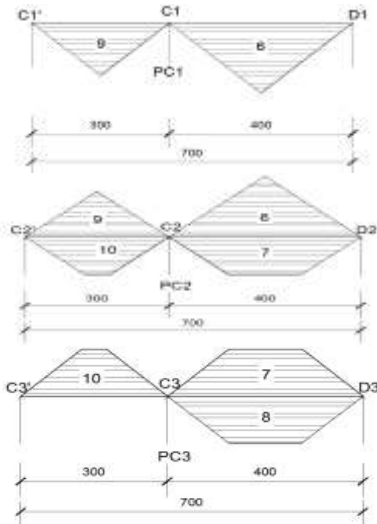
$$q_{ek9} = \frac{1}{3} \cdot L \cdot q_{ult} = 639,16 \text{ kg/m}$$





$$q_{ek10} = \left[ \frac{1}{6} Lx \right] \cdot \left[ 3 - \left( \frac{Lx}{ly} \right)^2 \right] \times q_{ult}$$

$$= 0,97 \times 639,16 = 620,41 \text{ kg/m}$$



Gambar 9. Pembebanan Balok Anak

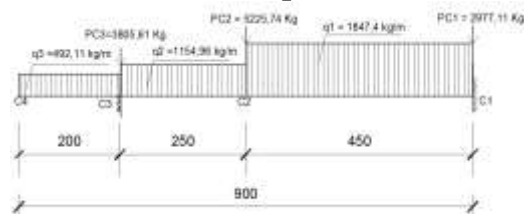
Beban-besan terpusat Balok Anak Atap :

$$PC1 = \left( \frac{1}{2} \cdot q_{ek6} \cdot L_6 + \frac{1}{2} \cdot q_{ek9} \cdot L_9 \right) + \left( \frac{1}{2} \cdot q_{bs} \cdot L_6 + \frac{1}{2} \cdot q_{bs} \cdot L_9 \right) = 2977,11 \text{ Kg}$$

$$PC2 = \left( \frac{1}{2} \cdot q_{ek10} \cdot L_{10} + \frac{1}{2} \cdot q_{ek9} \cdot L_9 \right) + \left( \frac{1}{2} \cdot q_{ek7} \cdot L_7 + \frac{1}{2} \cdot q_{ek6} \cdot L_6 \right) + \left( \frac{1}{2} \cdot q_{bs} \cdot L_6 + \frac{1}{2} \cdot q_{bs} \cdot L_{10} \right) = 5225,74 \text{ kg}$$

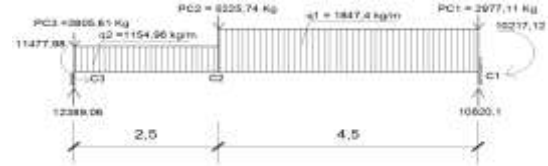
$$PC3 = \left( \frac{1}{2} \cdot q_{ek10} \cdot L_{10} \right) + \frac{1}{2} \cdot q_{ek7} \cdot L_7 + \frac{1}{2} \cdot q_{ek8} \cdot L_8 + \left( \frac{1}{2} \cdot q_{bs} \cdot L_7 + \frac{1}{2} \cdot q_{bs} \cdot L_{10} \right) = 3805,61 \text{ Kg}$$

#### 4. Perhitungan Mekanika Balok Induk / Balok Portal Atap



Gambar 10. Distribusi Pembebanan Balok Portal Atap

#### a. Batang C1 – C3



$$MC1 = 10217,12 \text{ Kg.m}$$

$$MC3 = -11477,98 \text{ Kg.m}$$

$$VC3 = 12389,06 \text{ Kg}$$

$$VC1 = 10820,1 \text{ Kg}$$

Momen (M)

$$MC2 = 6371,71 \text{ Kg.m}$$

$$M_{max} = 6431,26 \text{ Kg.m}$$

Gaya Lintang (D)

$$DC4 = 0$$

$$DC3_{ki} = -984,22 \text{ Kg}$$

$$DC3_{ka} = 8583,45 \text{ Kg}$$

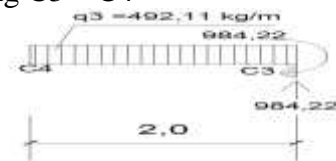
$$DC2_{ki} = 5696,05 \text{ Kg}$$

$$DC2_{ka} = 470,31 \text{ Kg}$$

$$DC1_{ki} = -7843,19 \text{ Kg}$$

$$DC1_{ka} = 0$$

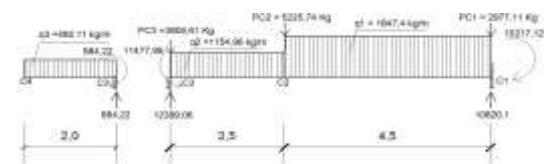
#### b. Batang C3 – C4



$$MC3 = 984,22 \text{ Kg}$$

$$MuC3 = 12462,2 \text{ Kg.m}$$

$$PuC3 = 12389,06 + 984,22 = 13373,28 \text{ Kg}$$



Gambar 11. Gaya-Gaya Pada Balok Portal AS C

#### 5. Pembebanan pada Plat Lantai

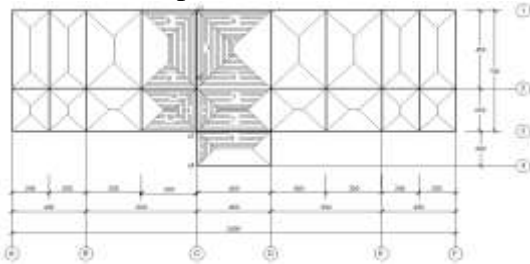
- Beban Mati = 416,9 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup = 250 kg/m<sup>2</sup>
- Beban *Ultimate*

$$q_{ult} = 1,2 (W_D) + 1,6 (W_L)$$

$$= 1,2 (416,9) + 1,6 (250)$$

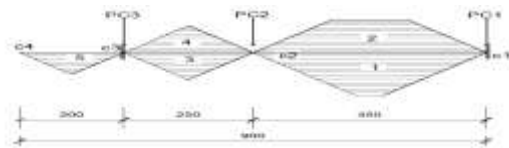
$$= 900,28 \text{ kg/m}^2$$
- Beban Sendiri pada Balok IWF
  - 500x200x10x16 = 89,7 kg/m<sup>2</sup>
  - 400x200x8x13 = 66,0 kg/m<sup>2</sup>

e. Beban Equivalen Plat Lantai Terhadap Balok

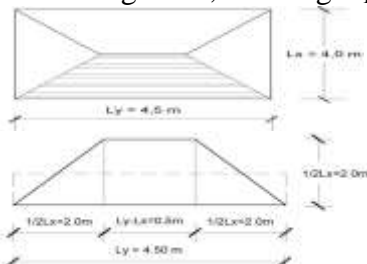


Gambar 12. Denah dan Distribusi Balok Portal AS C

6. Pembebanan Balok Induk / Portal Lantai

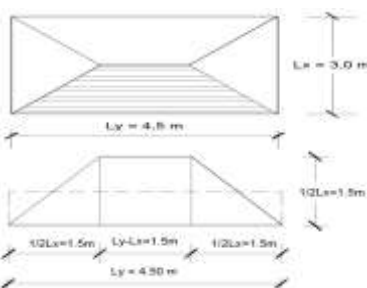


Gambar 13. Pembebanan Balok Induk / Portal AS C  
Balok Melintang As C, Bentang C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>



$$q_{ek1} = \left[ \frac{1}{6} Lx \right] \cdot \left[ 3 - \left( \frac{Lx}{ly} \right)^2 \right] \times q_{ult}$$

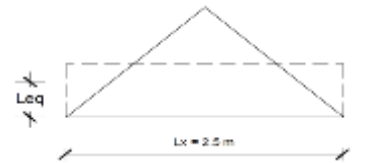
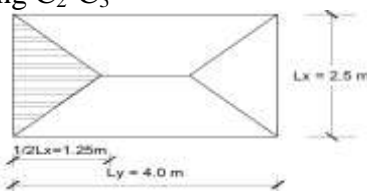
$$= 1323,41 \text{ kg/m}$$



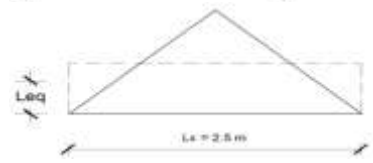
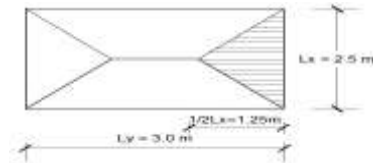
$$q_{ek2} = \left[ \frac{1}{6} Lx \right] \cdot \left[ 3 - \left( \frac{Lx}{ly} \right)^2 \right] \times q_{ult}$$

$$= 1152,36 \text{ kg/m}$$

Bentang C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>

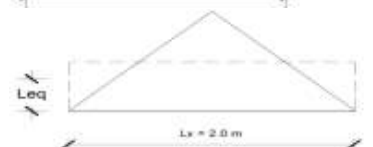
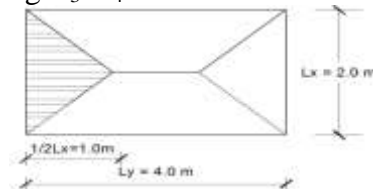


$$q_{ek3} = \frac{1}{3} \cdot L \cdot q_{ult} = 750 \text{ kg/m}$$



$$q_{ek4} = \frac{1}{3} \cdot L \cdot q_{ult} = 750 \text{ kg/m}$$

Bentang C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>



$$q_{ek5} = \frac{1}{3} \cdot L \cdot q_{ult} = 600,18 \text{ kg/m}$$

Maka  $q_{ek}$  total atap adalah :

Bentang C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>

$$= q_{ek1} + q_{ek2} + q_{bs} = 2565,47 \text{ kg/m}$$

Bentang C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>

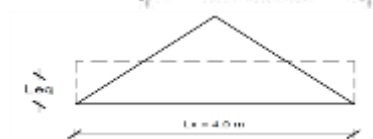
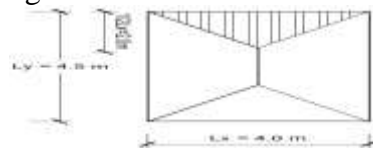
$$= q_{ek3} + q_{ek4} + q_{bs} = 1589,7 \text{ kg/m}$$

Bentang C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>

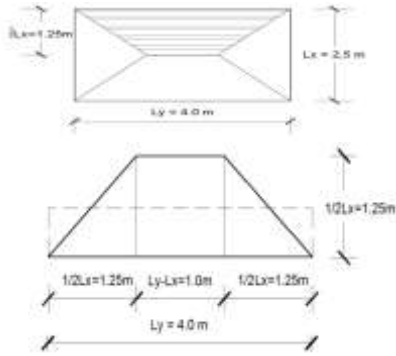
$$= q_{ek5} + q_{bs} = 666,18 \text{ kg/m}$$

7. Pembebanan Balok Anak

Bentang C<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>

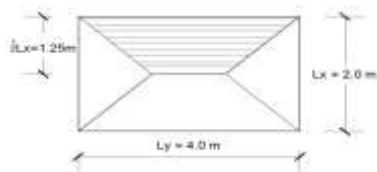


$$q_{ek6} = \frac{1}{3} \cdot L \cdot q_{ult} = 1200,37 \text{ kg/m}$$



$$q_{ek7} = \left[ \frac{1}{6} Lx \right] \cdot \left[ 3 - \left( \frac{Lx}{ly} \right)^2 \right] \times q_{ult}$$

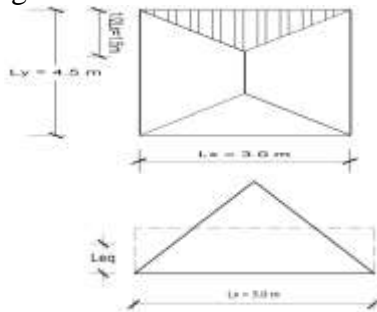
$$= 990,31 \text{ kg}$$



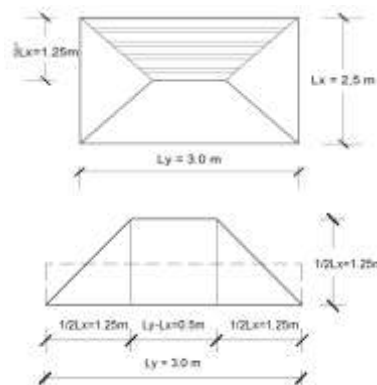
$$q_{ek8} = \left[ \frac{1}{6} Lx \right] \cdot \left[ 3 - \left( \frac{Lx}{ly} \right)^2 \right] \times q_{ult}$$

$$= 819,25 \text{ kg/m}$$

Bentang C2-C2'

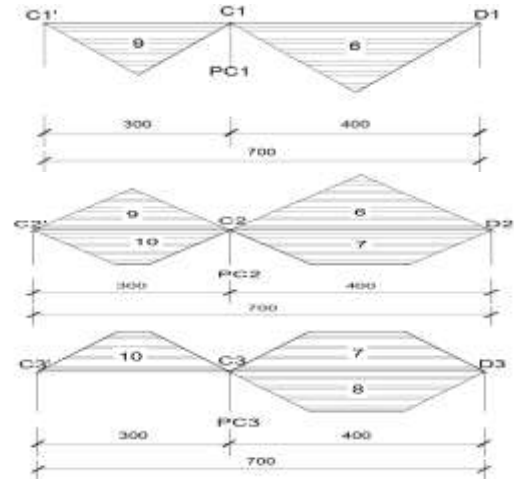


$$q_{ek9} = \frac{1}{3} \cdot L \cdot q_{ult} = 900,28 \text{ kg/m}$$



$$q_{ek10} = \left[ \frac{1}{6} Lx \right] \cdot \left[ 3 - \left( \frac{Lx}{ly} \right)^2 \right] \times q_{ult}$$

$$= 873,27 \text{ kg/m}$$



Gambar 14. Pembebanan Balok Anak

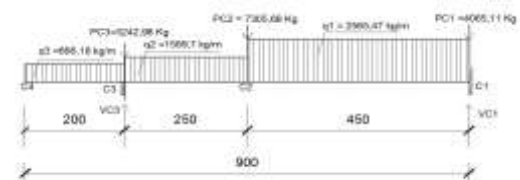
Maka beban-beban terpusat Balok Anak:

$$PC1 = \left( \frac{1}{2} \cdot q_{ek6} \cdot L_6 + \frac{1}{2} \cdot q_{ek9} \cdot L_9 \right) + \left( \frac{1}{2} \cdot q_{bs} \cdot L_6 + \frac{1}{2} \cdot q_{bs} \cdot L_9 \right) = 4065,11 \text{ Kg}$$

$$PC2 = \left( \frac{1}{2} \cdot q_{ek10} \cdot L_{10} + \frac{1}{2} \cdot q_{ek9} \cdot L_9 \right) + \left( \frac{1}{2} \cdot q_{ek7} \cdot L_7 + \frac{1}{2} \cdot q_{ek6} \cdot L_6 \right) + \left( \frac{1}{2} \cdot q_{bs} \cdot L_6 + \frac{1}{2} \cdot q_{bs} \cdot L_{10} \right) = 7305,69 \text{ kg}$$

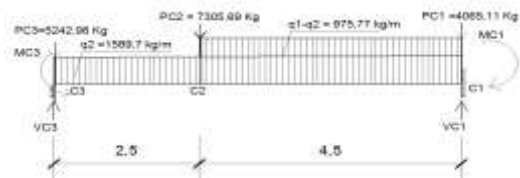
$$PC3 = \left( \frac{1}{2} \cdot q_{ek10} \cdot L_{10} + \frac{1}{2} \cdot q_{ek7} \cdot L_7 + \frac{1}{2} \cdot q_{ek8} \cdot L_8 \right) + \left( \frac{1}{2} \cdot q_{bs} \cdot L_7 + \frac{1}{2} \cdot q_{bs} \cdot L_{10} \right) = 5242,98 \text{ Kg}$$

## 8. Perhitungan Mekanika Balok Induk / Balok Portal Lantai



Gambar 15. Distribusi Pembebanan Balok Portal Lantai

Batang C1 – C3



$$MC1 = 14659,74 \text{ Kg.m}$$

$$MC3 = -21060,64 \text{ Kg.m}$$

$$VC3 = 17829,24 \text{ Kg}$$

$$VC1 = 14303,40 \text{ Kg}$$

Momen (M)

$$MC2 = 5437,17 \text{ Kg.m}$$

$$M_{max} = 5769,69 \text{ Kg.m}$$

Gaya Lintang (D)

$$DC4 = 0$$

$$DC3_{ki} = -1332,36 \text{ Kg}$$

$$DC3_{ka} = 12586,26 \text{ Kg}$$

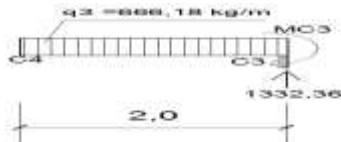
$$DC2_{ki} = 8612,01 \text{ Kg}$$

$$DC2_{ka} = 1306,32 \text{ Kg}$$

$$DC1_{ki} = -10238,29 \text{ Kg}$$

$$DC1_{ka} = 0$$

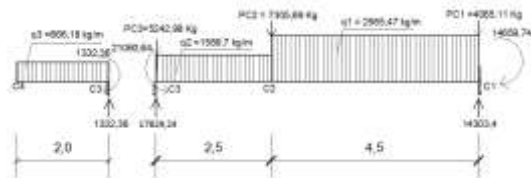
Batang C3 – C4



$$MC3 = 1332,36 \text{ Kg}$$

$$MuC3 = 22393 \text{ Kg.m}$$

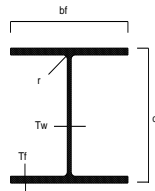
$$PuC3 = 19161,6 \text{ Kg}$$



Gambar 16. Gaya-Gaya Pada Balok Portal AS C

## 9. Perhitungan Balok Induk

Data Profil Balok Induk (BI) Atap IWF 500×200×10×16



Gambar 17. Profil Balok Induk IWF 500×200×10×16

$$\begin{aligned} Mu &= 12462,2 \text{ kg.m} & iy &= 43,3 \text{ mm} \\ Vu &= 8583,45 \text{ kg} & ix &= 205 \text{ mm} \\ d &= 500 \text{ mm} & As &= 11420 \text{ mm}^2 \\ bf &= 200 \text{ mm} & Sx &= 1910 \text{ cm}^3 \\ tw &= 10 \text{ mm} & r &= 20 \text{ mm} \\ tf &= 16 \text{ mm} & Jx &= 47800 \text{ cm}^4 \\ fr &= 70 \text{ Mpa} & Jy &= 2140 \text{ cm}^4 \\ h &= (d - (2 \times tf)) - (2 \times r) = 428 \text{ mm} \\ Zxb &= (bf \times tf) \times (d - tf) + tw \left( \frac{d}{2} - tf \right)^2 \\ &= 2,096 \times 10^6 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Zyb &= \left( \frac{bf}{2} \times tf \right) \times bf + \left( \frac{tw}{4} \right)^2 \times (d - (2 \times tf)) \\ &= 3,317 \times 10^5 \text{ mm} \\ Es &= 200000 \text{ Mpa} & fy &= 240 \text{ Mpa} \\ L &= 6700 \text{ mm} \end{aligned}$$

## 10. Pemeriksaan kelangsingan penampang balok

$$\frac{bf}{2 \times tf} \leq \lambda \Rightarrow \lambda = 0,38 \sqrt{\frac{Es}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$6,250 \leq 10,97 \dots (\text{OK})$$

$$\frac{d}{tw} \leq \lambda \Rightarrow \lambda = 2,45 \sqrt{\frac{Es}{fy}} = 2,45 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$50 \leq 70,725 \dots (\text{OK})$$

## 11. Pemeriksaan pengaruh tekuk lateral dan kuat lentur

$$b = \frac{L}{3}$$

$$Lb = \frac{6700 \text{ mm}}{3} = 2,233 \times 10^3 \text{ mm}$$

Cek :

$$Lb_{max} = 0,086 \times iy \times \frac{Es}{fy}$$

$$Lb_{max} = 0,086 \times 43,3 \times \frac{200000}{240}$$

$$Lb_{max} = 3,103 \times 10^3 \text{ mm}$$

Cek kekuatan :

$$Lb < Lb_{max} \dots (\text{OK})$$

$$Lp = 1,76 \times iy \times \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

$$Lp = 1,76 \times 43,3 \times \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$Lp = 2,2 \times 10^3 \text{ mm}$$

Untuk  $Lb \leq Lp$

maka momen nominal

$$Mn = Mp = Zxb \times fy$$

$$Mn = Mp$$

$$= 24473189,11 \text{ Kg/m}^2 \times 0,002096 \text{ m}^3$$

$$Mn = Mp = 51295,80 \text{ Kg.m}$$

Dengan nilai reduksi lentur  $\Phi_b = 0,9$

maka rasio kapasitas lentur balok:

$$\text{Rasio momen} = \frac{Mu}{\Phi_b \times Mn} < 1$$

$$= \frac{12462,2}{0,9 \times 51295,80} < 1$$

$$= 0,25 < 1 \dots (\text{OK})$$

## 12. Pemeriksaan kuat geser balok

$$w = \frac{d}{tw}$$

$$\lambda_w = \frac{500}{10} = 50$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{Lb}{d}\right)^2} = 5,25$$

$$1,1 \sqrt{\frac{k_n \times E_s}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5,25 \times 200000}{240}} = 66,14$$

Karena  $\lambda_w \leq 1,1 \sqrt{\frac{k_n \times E_s}{f_y}}$  maka leleh

terjadi pada plat badan.

Kuat geser nominal ditentukan sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \times f_y \times (d \times t_w) = 72000 \text{ kg}$$

Dengan nilai reduksi geser  $\Phi_s = 0,9$  maka rasio kapasitas geser balok :

$$\begin{aligned} \text{Rasio shear} &= \frac{V_u}{\Phi_s \times V_n} < 1 \\ &= \frac{8583,45}{0,9 \times 72000} < 1 \\ &= 0,19 < 1 \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

### 13. Pemeriksaan interaksi Lentur dan Geser

Persamaan interaksi :

$$\begin{aligned} \frac{M_u}{\Phi_b \times M_n} + 0,625 \times \frac{V_u}{\Phi_s \times V_n} &< 1,375 \\ = 0,37 < 1,375 \dots \text{OK} \end{aligned}$$

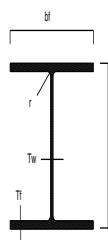
### 14. Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk Atap IWF 500x200x10x16

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk Atap IWF

No	Uraian	Hasil	Uraian	Hasil	Uraian	Hasil
1	Momen Lentur	8583,45	Momen Geser	8583,45	Momen Interaksi	0,37 < 1,375

Sumber : Hasil Perhitungan

### 15. Perhitungan Balok Induk



Gambar 18. Profil Balok Induk IWF 500x200x10x16

$$\begin{aligned} M_u &= 22393 \text{ kg.m} & i_x &= 205 \text{ mm} \\ V_u &= 12869,54 \text{ kg} & i_y &= 43,3 \text{ mm} \\ d &= 500 \text{ mm} & A_s &= 11420 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_f &= 200 \text{ mm} & S_x &= 1910 \text{ cm}^3 \\ t_w &= 10 \text{ mm} & r &= 20 \text{ mm} \\ t_f &= 16 \text{ mm} & J_x &= 47800 \text{ cm}^4 \\ f_r &= 70 \text{ Mpa} & J_y &= 2140 \text{ cm}^4 \\ h &= (d - (2 \times t_f)) - (2 \times r) = 428 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{xb} &= (b_f \times t_f) \times (d - t_f) + t_w \left(\frac{d}{2} - t_f\right)^2 \\ &= 2,096 \times 10^6 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{yb} &= \left(\frac{b_f}{2} t_f\right) \times b_f + \left(\frac{t_w}{4}\right)^2 \times (d - (2 \times t_f)) \\ &= 3,317 \times 10^5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

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

$$L = 6700 \text{ mm}$$

### 16. Pemeriksaan kelangsingan penampang balok

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} \leq \lambda \Rightarrow \lambda = 0,38 \sqrt{\frac{E_s}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$6,250 \leq 10,97 \dots (\text{OK})$$

$$\frac{d}{t_w} \leq \lambda \Rightarrow \lambda = 2,45 \sqrt{\frac{E_s}{f_y}}$$

$$50 \leq 70,725 \dots (\text{OK})$$

### 17. Pemeriksaan pengaruh tekuk lateral dan kuat lentur

$$b = \frac{L}{3}$$

$$L_b = \frac{6700 \text{ mm}}{3} = 2,233 \times 10^3 \text{ mm}$$

Cek :

$$L_{bmax} = 0,086 \times i_y \times \frac{E_s}{f_y}$$

$$L_{bmax} = 0,086 \times 43,3 \times \frac{200000}{240}$$

$$L_{bmax} = 3,103 \times 10^3 \text{ mm}$$

Cek kekuatan :

$$L_b < L_{bmax} \dots (\text{OK})$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E_s}{f_y}}$$

$$L_p = 1,76 \times 43,3 \times \sqrt{\frac{200000}{240}} = 2,2 \times 10^3 \text{ mm}$$

Untuk  $L_b \leq L_p$

$$M_n = M_p = Z_{xb} \times f_y = 51295,80 \text{ Kg.m}$$

Dengan nilai reduksi lentur  $\Phi_b = 0,9$  maka rasio kapasitas lentur balok:

$$\text{Rasio momen} = \frac{M_u}{\Phi_b \times M_n} < 1$$

$$= \frac{22393}{0,9 \times 51295,80} < 1$$

$$= 0,46 < 1 \dots (\text{OK})$$

### 18. Pemeriksaan kuat geser balok

$$w = \frac{d}{tw}$$

$$\lambda w = \frac{500}{10} = 50$$

$$kn = 5 + \frac{5}{\left(\frac{Lb}{d}\right)^2} = 5,25$$

$$1,1 \sqrt{\frac{kn \times Es}{fy}} = 1,1 \sqrt{\frac{5,25 \times 200000}{240}} = 66,14$$

Karena  $\lambda w \leq 1,1 \sqrt{\frac{kn \times Es}{fy}}$  maka leleh terjadi pada plat badan.

Kuat geser nominal ditentukan sebagai berikut :

$$Vn = 0,6 \times fy \times (d \times tw)$$

$$Vn = 0,6 \times 240 \times (500 \times 10) = 72000 \text{ kg}$$

Dengan nilai reduksi geser  $\Phi_s = 0,9$  maka rasio kapasitas geser balok :

$$\text{Rasio shear} = \frac{Vu}{\Phi_s \times Vn} < 1$$

$$= \frac{12869,54}{0,9 \times 72000} < 1$$

$$= 0,18 < 1 \dots (\text{OK})$$

### 19. Pemeriksaan interaksi Lentur dan Geser

Persamaan interaksi :

$$= \frac{Mu}{\Phi_b \times Mn} + 0,625 \times \frac{Vu}{\Phi_s \times Vn} < 1,375$$

$$= 0,57 < 1,375 \dots \text{OK}$$

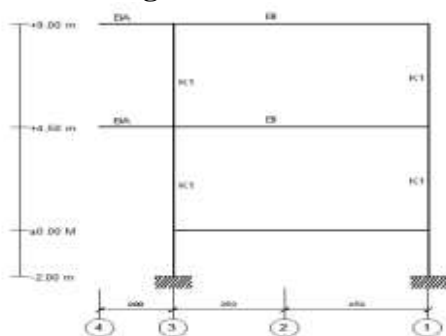
### 20. Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk Lantai IWF 500x200x10x16

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Balok Induk Atap IWF

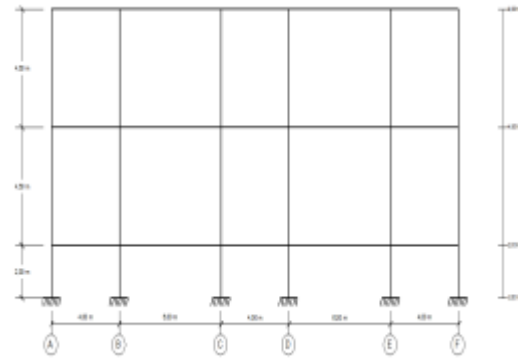
Urut	Balok	Sp. Balok	Sp. Balok	Sp. Balok	Sp. Balok
1	4,5m	4,70m	4,90m	5,10m	5,30m

Sumber : Hasil Perhitungan

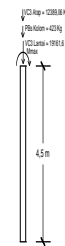
### 21. Perhitungan kolom



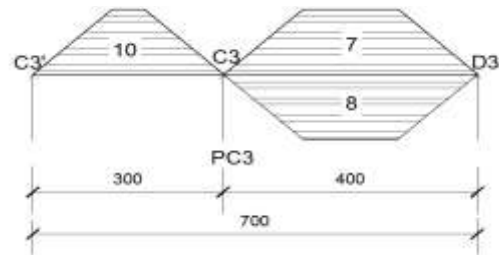
Gambar 19. Denah Portal Melintang As C



Gambar 20. Denah Portal Memanjang 3



Gambar 21. Kolum Baja

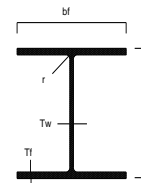


Gambar 22. Pembelian Plat sebagai beban terpusat Kolum As C-3

$$M_{total} \text{ kolom C3} = MC3_{ki} + MC3_{ka} = 21060,64 + 1332,36 = 22393 \text{ Kg m}$$

$$P_{total} = VC3_{atap} + Bskolom + VC3_{lantai} = 319,74 \text{ kN}$$

Data profil Kolum Baja WF 300x300x10x15



Gambar 23. Profil Kolum WF 300x300x10x15

$$Pu = 319,74 \text{ kN} \quad ix = 131 \text{ mm}$$

$$d = 300 \text{ mm} \quad iy = 75,1 \text{ mm}$$

$$bf = 300 \text{ mm} \quad As = 11980 \text{ mm}^2$$

$$tw = 10 \text{ mm} \quad Sx = 1360 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} t_f &= 15 \text{ mm} & r &= 18 \text{ mm} \\ J_x &= 20400 \text{ cm}^4 & f_r &= 70 \text{ Mpa} \\ J_y &= 67500 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

## 22. Pemeriksaan kelangsingan penampang kolom

Untuk sayap :

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} \leq \lambda \Rightarrow \lambda = 0,38 \sqrt{\frac{E_s}{f_y}} = 10,97$$

$$10 \leq 10,97 \dots (\text{OK})$$

Untuk badan :

$$P_y = A_s \times f_y$$

$$P_y = 11980 \times 240 = 2,875 \times 10^3$$

$$\Phi_c = 0,9$$

$$C_a = \frac{P_u}{\Phi_c \times P_y} = 0,12 \leq 0,125$$

Sehingga :

$$\frac{d}{t_w} \leq \lambda \Rightarrow \lambda = 2,45 \sqrt{\frac{E_s}{f_y}} (1 - 0,93 \times C_a)$$

$$30 \leq 67,19 \dots (\text{OK})$$

## 23. Pemeriksaan kelangsingan elemen kolom

$$L_b < L_{bmax}$$

$$L_{bmax} = 0,086 \times i_y \times \frac{E_s}{f_y}$$

$$L_{bmax} = 0,086 \times 75,1 \times \frac{200000}{240}$$

$$L_{bmax} = 5,382 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$L_b = 4500 \text{ mm}$$

$$L_b < L_{bmax} \rightarrow 4500 \text{ mm} < 5382 \text{ mm}$$

## 24. Pemeriksaan kapasitas aksial kolom

Menentukan panjang efektif kolom arah sumbu kuat (sumbu x)

$$k_x = k_y = 0,65$$

$$\lambda_x = \frac{k_x \times L_b}{i_x} = 22,33 \text{ mm}$$

$$\lambda_{cx} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,25$$

$$0,25 < \lambda_{cx} < 1,2$$

$$\text{Maka, } \omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_{cx}} = 1$$

Arah sumbu kuat (sumbu y)

$$\lambda_y = \frac{k_y \times L_b}{i_y} = 38,95 \text{ mm}$$

$$\lambda_{cy} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,43$$

$$0,25 < \lambda_{cy} < 1,2$$

$$\text{Maka, } \omega_y = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_{cy}} = 1,09$$

Pemeriksa tegangan lentur tekuk

$$F_{cr} = \frac{f_y}{\omega_x}$$

$$F_{cr} = \frac{240}{1} = 240 \text{ Mpa}$$

Maka kapasitas aksial kolom

$$\Phi P_n = F_{cr} \times A_s = 2,819 \times 10^3 \text{ kN}$$

Rasio aksial

$$\frac{P_u}{\Phi P_n} < 1$$

$$\frac{319,74}{2,819 \times 10^3} < 1, 0,64 < 1 \dots (\text{OK})$$

Jadi, profil kolom WF 300x300x10x15 cukup aman untuk memikul beban terfaktor 319,74 kN.

## 25. Rekapitulasi Perhitungan Kolom WF 300x300x10x15

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Kolom WF

No	Pajang Balok Kiri [mm]	Kelangsingan Penampang		Kelangsingan Elemen Kolom		Rasio Aksial
		$\frac{b_f}{2 \times t_f} \leq \lambda$	$\frac{d}{t_w} \leq \lambda$	$\frac{L_b}{i_x} \leq \lambda_{cx}$	$\frac{L_b}{i_y} \leq \lambda_{cy}$	
1	4500	$10 \leq 10,97$	$30 \leq 67,19$	$22,33 < 22,33$	$38,95 < 38,95$	$0,64 < 1$

Sumber : Hasil Perhitungan

## 26. Perhitungan Sambungan

Diketahui:

Kolom menggunakan profil WF 300.300.10.15

Balok induk menggunakan profil WF 500.200.10.16

$$h = d = 500 \text{ mm}$$

$$r_o = 20 \text{ mm}$$

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

$$A_s = 114,2 \text{ cm}^2$$

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

$$I_x = 47800 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 16 \text{ mm}$$

$$I_y = 2140 \text{ cm}^4$$

Mutu baja, BJ 34

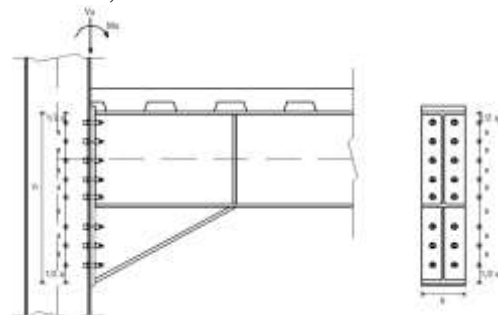
$$f_y = 210 \text{ MPa}$$

$$f_u = 340 \text{ MPa}$$

Digunakan 8 buah baut Ø24 dan tebal las 3 mm dengan mutu BJ 34

$$P_u = 319,74 \text{ kN} \quad V_u = 128,7 \text{ kN}$$

$$M_u = 223,93 \text{ kNm}$$



Gambar 24. Sambungan Kolom dan Balok

Jarak antar baut dan tebal profil penyambung

Direncanakan: Tebal Plat :

$$t \geq (h+b) / 90 \rightarrow \text{SNI 03-1729-2002}$$

$$t \geq (500+200) / 90 = 7,78 \text{ mm}$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

## 27. Sambungan Las

Tebal las = 3 mm

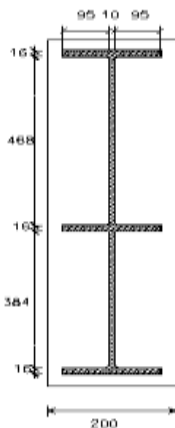
$$Lw_1 = (95 \times 8) + (200 \times 2) = 1160 \text{ mm}$$

$$Lw_2 = (468 \times 4) = 1872 \text{ mm}$$

$$Lw = Lw_1 + Lw_2 = 3032 \text{ mm}$$

Mutu las

$$f_y = 210 \text{ Mpa} \quad f_u = 340 \text{ Mpa}$$



Gambar 25. Sambungan Las

$$Tn_1 = \phi \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot 0,707 \cdot t_w \cdot Lw_1) = 376435,08 \text{ N}$$

$$Tn_2 = \phi \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot 0,707 \cdot t_w \cdot Lw_2) = 661090,25 \text{ N}$$

$$Tn = Tn_1 + Tn_2 = 1037,53 \text{ kN} > Vu = 114,46 \text{ kN}$$

$$M_R = \phi \cdot Mn$$

$$Mn_{las} = Zx_{las} \cdot fy_{las}$$

$$Zx_{las} = 2 \cdot (200 \cdot 3 \cdot 385,5) + 4 \cdot (95 \cdot 3 \cdot 368,5) + 4 \cdot (95 \cdot 3 \cdot 9,5) + 4 \cdot (468 \cdot 3 \cdot 476) = 3566736 \text{ mm}^3$$

$$Mn_{las} = 3566736 \times 210 = 749,015 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn_{las} = 749,015 \text{ kNm} > Mu (206,53 \text{ kNm})$$

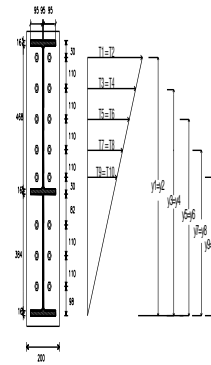
## 28. Sambungan Baut

$$Pu = 319,74 \text{ kN}$$

$$Vu = 128,7 \text{ kN}$$

$$Mu = 223,93 \text{ kNm}$$

$$f_u^b = 340 \text{ Mpa}$$



Gambar 26. Sambungan Baut

- Kuat geser baut  
 $Rnv = 0,5 \cdot f_u \cdot A = 76,87 \text{ kN}$
- Kuat tarik baut  
 $Rnt = 0,75 \cdot f_u \cdot A_b = 115,30 \text{ kN}$
- Gaya lintang dipikul bersama oleh baut  
 $Ruv = \frac{Vu}{n} = 7,89 \text{ kN}$
- Gaya normal dipikul bersama baut  
 $Rut = \frac{pu}{n} = \frac{319,74}{16} = 9,41 \text{ kN}$
- Gaya tarik akibat momen

$$Ti = \frac{M \cdot y_i}{\sum y_i^2}$$

$$y_1 = y_2 = (110 \times 6) + 30 + 82 + 98 = 840 \text{ mm}$$

$$y_3 = y_4 = (110 \times 5) + 30 + 82 + 98 = 730 \text{ mm}$$

$$y_5 = y_6 = (110 \times 4) + 30 + 82 + 98 = 620 \text{ mm}$$

$$y_7 = y_8 = (110 \times 3) + 30 + 82 + 98 = 510 \text{ mm}$$

$$y_9 = y_{10} = (110 \times 2) + 30 + 82 + 98 = 400 \text{ mm}$$

$$\sum y_i^2 = 2 \cdot (840^2 + 730^2 + 620^2 + 510^2 + 400^2) = 4086000 \text{ mm}^2$$

$$Rut = \frac{206,53 \times 840 \times 10^{-3}}{4086000 \times 10^{-6}} = 42,45 \text{ kN}$$

$$Rut = 42,45 + 9,41 = 51,85 \text{ kN}$$

$$\left( \frac{Ruv}{\phi Rnv} \right)^2 + \left( \frac{Rut}{\phi Rnt} \right)^2 \leq 1$$

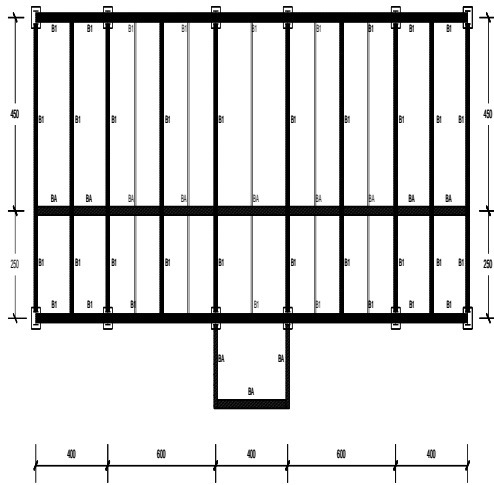
$$\left( \frac{7,15}{0,75 \times 76,87} \right)^2 + \left( \frac{51,85}{0,75 \times 115,3} \right)^2 \leq 1$$

$$0,12 + 0,34 \leq 1$$

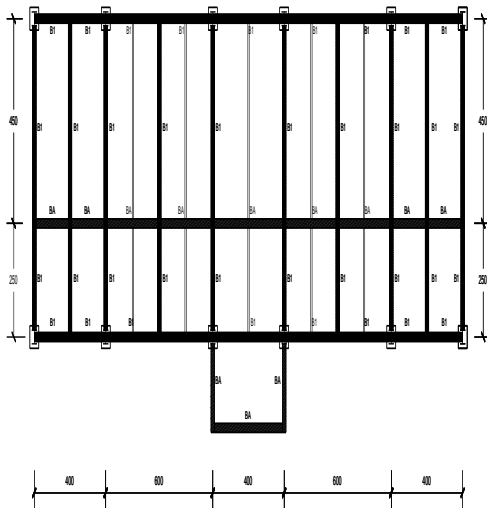
$$0,45 \leq 1 \text{ (OKE)}$$

Jadi Sambungan pada balok induk melintang lantai ke kolom aman karena  $0,45 \leq 1$ , yang berarti baut yang digunakan kuat terhadap beban-beban yang bekerja pada kolom dan balok.

## 29. Menghitung Volume Pekerjaan



Gambar 27. Denah Balok dan kolom lantai 1



Gambar 28. Denah Balok dan kolom lantai 2

## 30. Volume Pekerjaan Balok Induk

- Digunakan Profil Baja IWF 500.200.10 16
- Berat Profil Baja per  $M^2 = 89,7 \text{ Kg/m}^2$  (tabel Profil Baja)
- Jumlah dan Panjang Profil Balok Induk lantai 1 dan lantai 2
  - $6,7 \text{ m} = 6 \text{ batang} \times 2 = 12 \text{ batang}$
  - $5,7 \text{ m} = 4 \text{ batang} \times 2 = 8 \text{ batang}$
  - $3,7 \text{ m} = 6 \text{ batang} \times 2 = 12 \text{ batang}$

Jadi total balok induk = 32 batang

Tabel 8. Perhitungan Volume Balok Induk

No	Panjang Profil (m)	Berat Profil (Kg/m <sup>2</sup> )	Jumlah (batang)	Volume (Kg/m)
1	6,7	89,7	12	7211,88
2	5,7	89,7	8	4090,32
3	3,7	89,7	12	3982,68
Jumlah			32	15284,88

Sumber : Hasil Perhitungan

## 31. Volume Pekerjaan Balok Anak

- Digunakan Profil Baja IWF 400.200.8.13
  - Berat Profil Baja per  $M^2 = 66 \text{ Kg/m}^2$  (tabel Profil Baja)
  - Jumlah dan Panjang Profil Balok Anak lantai 1 dan lantai 2
    - $6,8 \text{ m} = 4 \text{ batang} \times 2 = 8 \text{ batang}$
    - $3,8 \text{ m} = 2 \text{ batang} \times 2 = 4 \text{ batang}$
    - $2,8 \text{ m} = 4 \text{ batang} \times 2 = 8 \text{ batang}$
    - $1,8 \text{ m} = 6 \text{ batang} \times 2 = 12 \text{ batang}$
- Jadi total balok induk = 32 batang

Tabel 9. Perhitungan Volume Balok Anak

No	Panjang Profil (m)	Berat Profil (Kg/m <sup>2</sup> )	Jumlah (batang)	Volume (Kg/m)
1	6,8	66	8	3590,4
2	3,8	66	4	1003,2
3	2,8	66	8	1478,4
4	1,8	66	12	1425,6
Jumlah			32	7497,6

Sumber : Hasil Perhitungan

## 32. Volume Pekerjaan Kolom WF

- Digunakan Profil Baja WF 300.300.10.15
  - Berat Profil Baja per  $M^2 = 94 \text{ Kg/m}^2$  (tabel Profil Baja)
  - Jumlah dan Panjang Profil kolom lantai 1 dan lantai 2 yaitu panjang 4,5 m =  $12 \text{ batang} \times 2 = 24 \text{ batang}$
- Jadi total Kolom = 24 batang

Tabel 10. Perhitungan Volume Kolom

No	Panjang Profil (m)	Berat Profil (Kg/m <sup>2</sup> )	Jumlah (batang)	Volume (Kg/m)
1	4,5	94	24	10152
Jumlah			24	10152

Sumber : Hasil Perhitungan

## 33. Rekapitulasi Volume Pekerjaan Profil Baja

Tabel 11. rekapitulasi Volume Pekerjaan

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan
1	Pekerjaan Balok Induk IWF 500.200.10.16	15284,88	Kg/m
2	Pekerjaan Balok Anak IWF 400.200.8.13	7497,6	Kg/m
3	Pekerjaan Kolom WF 300.300.10.15	10152	Kg/m
Total		32934,48	Kg/m

Sumber : Hasil Perhitungan

### 34. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Tabel 12. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

No	Uraian	Satuan	indeks	Harga Satuan Bahan/Upah (Rp)	Jumlah (Rp)
Pekerjaan Besi dan Aluminium					
1	Memasang 1 kg besi profil				
a	Bahan Besi Profil	Kg	1.1500	14.000,00	16.100,00
b	Tenaga Kerja Pekerja	OH	0,0600	80.000,00	4.800,00
	Tukang Las Konstruksi	OH	0,0600	100.000,00	6.000,00
	Kepala tukang	OH	0,0060	125.000,00	750,00
	Mandor	OH	0,0030	125.000,00	375,00
			Jumlah Harga per Satuan Pekerjaan		28.025,00
2	Mengeringkan 100 kg pekerjaan perakitan				
a	Bahan Minyak Solar Industri	Liter	1,0000	9.570,00	9.570,00
	Minyak pelumas	Liter	0,1000	34.000,00	3.400,00
b	Tenaga Kerja Pekerja	OH	0,1000	80.000,00	8.000,00
	Tukang Besi Konstruksi	OH	0,1000	100.000,00	10.000,00
	Kepala tukang	OH	0,0110	125.000,00	125,00
	Mandor	OH	0,0050	125.000,00	625,00
c	Alat Sewa Alat Perakitan besi	Jam	0,8000	26.000,00	20.800,00
	100 Kg		Jumlah Harga per Satuan Pekerjaan		52.520,00
	1 Kg		Jumlah Harga per Satuan Pekerjaan		525,20
3	Mengeringkan 10 cm pengelasan dengan las listrik				
a	Bahan Kawat las listrik	Kg	0,4000	15.000,00	6.000,00
	Minyak Solar Industri	Liter	0,3000	9.570,00	2.871,00
	Minyak pelumas	Liter	0,0400	34.000,00	1.360,00
b	Tenaga Kerja Pekerja	OH	0,0400	80.000,00	3.200,00
	Tukang Besi Konstruksi	OH	0,0200	100.000,00	2.000,00
	Kepala tukang	OH	0,0020	125.000,00	250,00
	Mandor	OH	0,0020	125.000,00	250,00
c	Alat Sewa Alat Las Listrik	Jam	0,1700	46.000,00	7.820,00
	10 Cm		Jumlah Harga per Satuan Pekerjaan		23.751,00
	1 Cm		Jumlah Harga per Satuan Pekerjaan		2.375,10
			Jumlah		30.925,30

Sumber : SNI 2008 dan Hasil Perhitungan

### Rencana Anggaran Biaya Kolom dan Balok Baja

Tabel 13. RAB Kolom dan Balok Baja

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pekerjaan Balok Induk IWF 500.200.10.16	15284,88	Kg/m	2.375,10	472.689.499,50
2	Pekerjaan Balok Anak IWF 400.200.8.13	7497,6	Kg/m	2.375,10	231.865.529,30
3	Pekerjaan Kolom WF 300.300.10.15	10152	Kg/m	2.375,10	313.953.645,60
	JUMLAH				1.018.508.474,40
	PPN 10%				101.850.847,40
	PPH 1,5 %				15.277.627,12
	JUMLAH TOTAL				1.135.636.948,92

Sumber : SNI 2008 dan Hasil Perhitungan

### KESIMPULAN

- Dari analisis dan perhitungan, perencanaan struktur baja berdasarkan SNI03-1729-2002 dan SNI 1729:2015 yaitu :
  - Kolom menggunakan profil WF 300.300.10.15 aman dari segi kekuatan.

Tabel 14. Rekapitulasi perhitungan kolom

No	Uraian Pekerjaan	Kekuatan Pemampatan		Kekuatan Tarikan	
		$\frac{f_c}{\gamma_c} < 1$	$\frac{f_t}{\gamma_t} < 1$	$\frac{f_c}{\gamma_c} < 1$	$\frac{f_t}{\gamma_t} < 1$
1	Kolom	$1,12 < 1$	$1,12 < 1$	$1,12 < 1$	$1,12 < 1$
	Jumlah	1,12	1,12	1,12	1,12

Sumber : Hasil Perhitungan

- Untuk balok induk baja menggunakan profil 500.200.10.16 aman dari segi kekuatan tetapi boros dari segi dimensi dan profil balok di anggap terlalu besar.

Tabel 15. Rekapitulasi perhitungan Balok

No	Uraian Pekerjaan	Kekuatan Pemampatan		Kekuatan Tarikan	
		$\frac{f_c}{\gamma_c} < 1$	$\frac{f_t}{\gamma_t} < 1$	$\frac{f_c}{\gamma_c} < 1$	$\frac{f_t}{\gamma_t} < 1$
1	Balok	$1,12 < 1$	$1,12 < 1$	$1,12 < 1$	$1,12 < 1$
	Jumlah	1,12	1,12	1,12	1,12

Sumber : Hasil Perhitungan

- Dari hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) didapatkan RAB struktur kolom dan balok baja

Tabel 16. Rekapitulasi perhitungan RAB

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Pekerjaan Balok Induk IWF 500.200.10.16	15284,88	Kg/m	2.375,10	472.689.499,50
2	Pekerjaan Balok Anak IWF 400.200.8.13	7497,6	Kg/m	2.375,10	231.865.529,30
3	Pekerjaan Kolom WF 300.300.10.15	10152	Kg/m	2.375,10	313.953.645,60
	JUMLAH				1.018.508.474,40
	PPN 10%				101.850.847,40
	PPH 1,5 %				15.277.627,12
	JUMLAH TOTAL				1.135.636.948,92

Sumber : Hasil Perhitungan

### DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

Anonim. 2002. *SNI 03-1729-2002*. Departemen Pekerjaan Umum. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*

Anonim. 2002. *SNI 03-2847-2002*. Departemen Pekerjaan Umum. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*

Anonim. 2015. *SNI 1729:2015 Tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Badan Standardisasi Nasional.

Dewi Sari Utama & Pratama M Iqbal. 2018. *Analisa Perencanaan Struktur Beton Gedung Kuliah Kampus 2 IAIN Kota Metro Menggunakan Program ETABS (Extended Three Analysis Building Systems)*. TAPAK (Teknologi Aolikasi Konstruksi)

- Jurnal Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Muhammadiyah Metro,  
Volume 7 Nomor 2. Hal 21-25
- Dinas Pekerjaan Umum Kota Bandar  
Lampung. *Analisa Harga Satuan  
Pekerjaan Kota Bandar Lampung  
Tahun 2017*, Pemerintah Provinsi  
Lampung
- Dinas Pekerjaan Umum Kota Bandar  
Lampung. *Analisa Harga Satuan  
Bahan Bangunan dan Upah Pekerja  
Kota Bandar Lampung Tahun 2017*,  
Pemerintah Provinsi Lampung
- Gunawan, Rudy. 1987. *Tabel Profil  
Konstruksi Baja*. Yogyakarta : PT.  
Kanisius
- Lukmansa, Indra. 2015. *Studi  
Perbandingan Perencanaan Struktur  
Baja Menggunakan Profil Biasa dan  
Profil Kastela Pada Proyek Gedung  
PGN Di Surabaya*. Jurnal Teknik  
Sipil Untag Surabaya Vol.8, N0.2
- Maradhika Fauzy , 2016. *Perencanaan  
Struktur Baja Gedung Hotel NEO*.  
Under Graduates thesis, Universitas  
Negeri Semarang.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan  
Struktur Baja dengan Metode LRFD*.  
Semarang : Erlangga
- Surandono Agus & Desmawan. 2014.  
*Analisa Kolom Struktur Pada  
Pekerjaan Pembangunan Lantai 1  
Kampus II SD Muhammadiyah Metro  
Pusat Kota Metro*. TAPAK  
(Teknologi Aolikasi Konstruksi)  
Jurnal Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Muhammadiyah Metro,  
Volume 4 Nomor 1. Hal 6-10
- Wardhani. Inees Kusuma. 2016.  
*Perencanaan Ulang Struktur Baja  
Menggunakan Spesifikasi Bangunan  
Gedung Baja Struktural*. (Tugas  
Akhir) : Universitas Muhammadiyah  
Yogyakarta.