

Perencanaan Struktur Atap RS Bhayangkara Polda Jambi Dengan Mempergunakan Profil Baja IWF

Doni Prayogi, M. Asmuni Jatoeb*, M. Nuklirullah

Teknik Sipil Universitas Batanghari

*Correspondence email: asmunijatoeb@gmail.com

Abstrak. Baja banyak digunakan sebagai bahan konstruksi karena memiliki keunggulan dibandingkan bahan beton dan kayu, selain itu bentuk dan ukuran baja yang bervariasi memudahkan baja untuk digunakan dalam banyak konstruksi-konstruksi bangunan. Seperti pada tugas akhir ini yaitu perencanaan atap rumah sakit Bhayangkara Polda Jambi menggunakan struktur baja. Lokasi studi berada di Jl. Raden Mattaher, Kelurahan Rajawali, Kecamatan Jambi Timur, Kota Jambi, rumah sakit ini adalah milik dari polri yang pembangunannya dimulai pada tahun 2018. Pada lantai atas rumah sakit tersebut nantinya akan dibuat kantin, oleh karena itu pada lantai atas akan direncanakan struktur atap dengan menggunakan baja IWF. Pemilihan material baja IWF dikarenakan struktur yang direncanakan memiliki bentang yang lebar dan mudah diaplikasikan pada bangunan rumah sakit serta pengerjaannya yang cepat karena struktur berbentuk portal tanpa sistem rangka. Metode desain dalam perencanaan tugas akhir ini menggunakan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK). Pada perencanaan ini didapat gording menggunakan profil kanal $100 \times 50 \times 20 \times 4$ mm. Ikatan angin dan *trackstang* masing-masing menggunakan besi \varnothing 12 mm. Balok dan kolom menggunakan profil IWF $350 \times 350 \times 12 \times 19$ mm. Sambungan konstruksi menggunakan sambungan baut dan las. Sambungan balok dengan kolom menggunakan 10 baut \varnothing 22 mm dan las ukuran 8 mm dengan panjang 160 mm. Sambungan balok dengan balok menggunakan 8 baut \varnothing 16 mm dan las ukuran 8 mm dengan panjang 90 mm. Sambungan *base-plate* menggunakan 6 baut angkur \varnothing 19 mm dan las ukuran 5 mm dengan panjang 310 mm.

Kata kunci : Struktur atap, Baja IWF, DFBK

PENDAHULUAN

Dunia konstruksi pada saat sekarang ini berkembang sangat pesat. Untuk membangun suatu konstruksi bangunan memerlukan bahan atau material yang baik dan sesuai dengan kebutuhan, salah satu material konstruksi adalah baja. Baja adalah salah satu bahan material yang digunakan untuk material konstruksi dari jenis logam yang memiliki sifat sangat keras.

Baja banyak digunakan sebagai bahan konstruksi karena memiliki keunggulan dibandingkan bahan beton dan kayu. Konstruksi baja bukan hanya digunakan untuk bangunan sederhana tetapi untuk bangunan-bangunan yang besar, seperti pembuatan struktur atap untuk gedung kantor, gedung rumah sakit dan bangunan yang memiliki bentang relatif panjang. Seperti pada tugas akhir ini yaitu perencanaan atap rumah sakit Bhayangkara Polda Jambi menggunakan struktur baja. Lokasi studi berada di Jl. Raden Mattaher, Kelurahan Rajawali, Kecamatan Jambi Timur, Kota Jambi, rumah sakit ini adalah milik dari polri yang pembangunannya dimulai pada tahun 2018. Pada lantai atas rumah sakit tersebut nantinya akan dibuat kantin, oleh karena itu pada lantai atas akan direncanakan struktur atap dengan menggunakan baja IWF. Pemilihan material baja IWF dikarenakan struktur yang direncanakan memiliki bentang yang lebar dan mudah diaplikasikan pada bangunan rumah sakit serta pengerjaannya yang cepat karena struktur berbentuk portal tanpa sistem rangka. Metode desain dalam perencanaan tugas akhir ini menggunakan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK), metode DFBK memiliki kelebihan dari pada metode Desain Kekuatan Izin (DKI) karena metode DFBK pada perhitungan desain material dikali dengan faktor ketahanan sehingga dari perencanaan material bisa memikul beban sesuai dengan batas tegangannya dan menghasilkan perencanaan yang lebih baik dan efisien.

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk merencanakan struktur atap menggunakan material baja yang akan diterapkan pada gedung rumah sakit Bhayangkara Polda Jambi. Adapun manfaat dari studi tugas akhir ini adalah Menambah wawasan bagi penulis mengenai perencanaan struktur atap rangka baja menggunakan profil IWF dan Menambah referensi bagi pembaca tentang perencanaan struktur atap rangka baja dengan profil IWF yang baik.

Kekuatan baja tergantung dari mutu yang dimiliki oleh baja. Seberapa tinggi mutu yang dimiliki baja dapat diketahui dari sifat mekanis baja (BJ). BJ baja memiliki dua variabel yaitu F_y dan F_u , dimana F_y menyatakan kekuatan tegangan tekan lelehnya, sedangkan F_u menyatakan batas maksimum tegangan putus. Mutu baja memiliki satuan MPa (Megapascal) yaitu satuan internasional.

Tabel 1. 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 : Agus Setiawan, 2008

Kombinasi Beban

Kombinasi beban adalah analisa beban-beban yang bekerja pada suatu konstruksi dan kemudian dihitung dengan cara mengkombinasikan beban-beban tersebut hingga didapatkan hasil yang paling tidak baik di dalam konstruksi tersebut. Menurut SNI 1727:2013 Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain, pada kombinasi beban nominal yang menggunakan metode desain faktor beban dan ketahanan (DFBK). Kombinasi beban yang digunakan sesuai SNI 1727:2013 pasal 2.3.2 sebagai berikut:

1,4D Pers. 1

1,2 D + 1,6 (L_r atau S atau R) + (L atau 0,5 W) Pers. 2

dimana :

- D = Beban mati
- W = Beban angin
- L = Beban hidup
- L_r = Beban hidup atap
- R = Beban air hujan

Tekuk torsi lateral

$M_p = Z_x \times F_y$ Pers. 3

$Z_x = b_f \times t_f (d - t_f) + 0,25t_w h^2$ Pers. 4

dimana :

- M_p = momen plastis, N.mm
- b_f = lebar sayap profil, mm
- Z_x = nilai absolut statis momen, mm³
- d = tinggi profil, mm
- t_f = tebal sayap profil, mm
- t_w = tebal badan profil, mm
- F_y = tegangan leleh mutu baja, MPa
- h = tinggi pelat badan profil, mm

$C_b = \frac{12,5|M_{max}|}{2,5|M_{max}| + 3|M_A| + 4|M_B| + 3|M_C|}$ Pers. 5

Dimana :

- Momen max = momen terbesar
- M_A = Momen di 1/4 panjang balok M_A
- M_B = Momen di 1/2 panjang balok M_B
- M_C = Momen di 3/4 panjang balok M_C

$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{I_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$ Pers. 6

dimana :

- E = modulus elastis baja = 29 000 ksi (200 000 MPa)
- J = konstanta torsi, in.⁴ (mm⁴)
- S_x = modulus penampang elastis di sumbu x, in.³ (mm³)
- h_o = jarak antar titik berat sayap, in. (mm)

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad \text{Pers. 7}$$

dimana :

- F_y = tegangan leleh profil MPa
- S_x = modulus elastisitas penampang terhadap sumbu kuat, mm³
- L_b = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, in. (mm)

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{Pers. 8}$$

dimana :

- E = modulus elastisitas baja = 200.000,00 MPa
- F_y = kuat leleh minimum, tergantung mutu baja, MPa
- r_y = radius girasi balok terhadap sumbu lemah

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}} \quad \text{Pers. 9}$$

Dimana :

- J = konstanta torsi, mm⁴
- S_x = modulus elastisitas penampang terhadap sumbu kuat, mm³
- h_o = jarak antar titik berat elemen sayap, mm

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \quad \text{Pers. 10}$$

dan koefisien c ditentukan sebagai berikut:

- (a) Untuk profil I simetri ganda: c = 1
- (b) Untuk profil I nilai C_w = $\frac{1}{4} I_y h_o^2$

$$r_{ts}^2 = \frac{1}{2} I_y h_o / S_x \quad \text{Pers. 11}$$

Dimana :

- I_y = momen inersia sumbu lemah profil mm⁴
- S_x = modulus elastisitas penampang terhadap sumbu kuat, mm³
- h_o = jarak antar titik berat elemen sayap, mm

Kuat Lentur Nominal

$$M_u \leq \phi_L M_n \quad \text{(DFBK)} \quad \text{Pers. 12}$$

Dimana :

- M_u = Kuat lentur atau momen maksimum hasil kombinasi beban
- φ_L = Faktor ketahanan lentur, sebesar 0,9
- M_n = Kuat lentur nominal balok

Interaksi Gaya Aksial Dan Momen Lentur

a) Jika $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$ maka : $\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad \text{Pers. 13}$

b) Jika $\frac{P_r}{P_C} \leq 0,2$ maka : $\frac{P_r}{2P_C} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{Cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{Cy}} \right) \leq 1,0$ Pers. 14

dimana :

- P_r = P_U kuat aksial perlu elemen struktur
- P_C = ϕP_n kuat tekan nominal rencana elemen struktur
- M_r = M_U kuat lentur perlu elemen
- M_C = ϕM_n kuat rencanan elemen struktur sebagai balok lentur
- x = subskrip simbol untuk momen lentur terhadap sumbu kuat penampang
- y = subskrip simbol untuk momen lentur terhadap sumbu lemah penampang

Interaksi Gaya Geser Dan Momen Lentur

$\frac{M_U}{\phi M_n} + 0,625 \left(\frac{V_U}{\phi V_n} \right) < 1,375$ Pers. 15

dimana :

- M_U = kuat lentur perlu elemen
- ϕM_n = kuat rencanan elemen struktur sebagai balok lentur
- V_U = kuat geser perlu elemen
- ϕV_n = kuat geser nominal rencana elemen struktur

Kuat baut angkur terhadap geser

$\phi_{ag} V_{sa} = \phi_{ag} 0.60 A_{se,v} f_{uta}$ Pers. 16

dimana :

- V_{sa} = kuat geser nominal baut angkur
- ϕ_{ag} = faktor reduksi kuat baut angkur terhadap geser = 0,65
- $A_{se,v}$ = luas penampang efektif terhadap geser
- n_t = jumlah ulir per mm (atau ulir per *inch*)
- P_a = pitch, mm per ulir (atau *inch* per ulir)
- f_{uta} = Kuat tarik baut angkur yang disyaratkan, tidak lebih dari nilai terkecil 1,9 f_{ya} atau 860 MPa

Kuat baut angkur terhadap tarik

$\phi_{sa} N_{sa} \geq \phi_{sa} A_{SE,N} \times f_{uta}$ Pers. 17

dimana:

- N_{sa} = kuat tarik nominal baut angkur
- ϕ_{sa} = faktor reduksi kuat baut angkur terhadap tarik = 0,75
- $A_{SE,N}$ = luas penampang efektif terhadap tarik
- n_t = jumlah ulir per mm (atau ulir per *inch*)
- P_a = *pitch* , mm per ulir (atau *inch* per ulir)

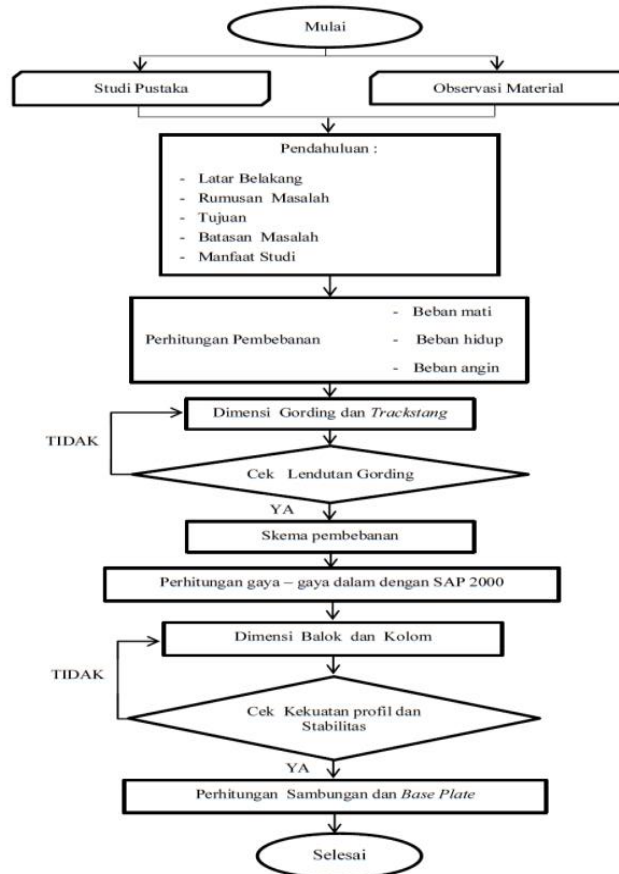
Interaksi gaya tarik dan geser baut angkur

$\frac{N_{ua}}{\phi_{sa} N_U} + \frac{V_{ua}}{\phi_{ag} V_n} \leq 1,2$ Pers. 18

dimana:

- N_{ua} = gaya aksial maksimum kolom
- V_{ua} = gaya geser maksimum kolom
- $\phi_{sa} N_U$ = kuat baut angkur terhadap tarik
- $\phi_{ag} V_n$ = kuat baut angkur terhadap geser

METODE



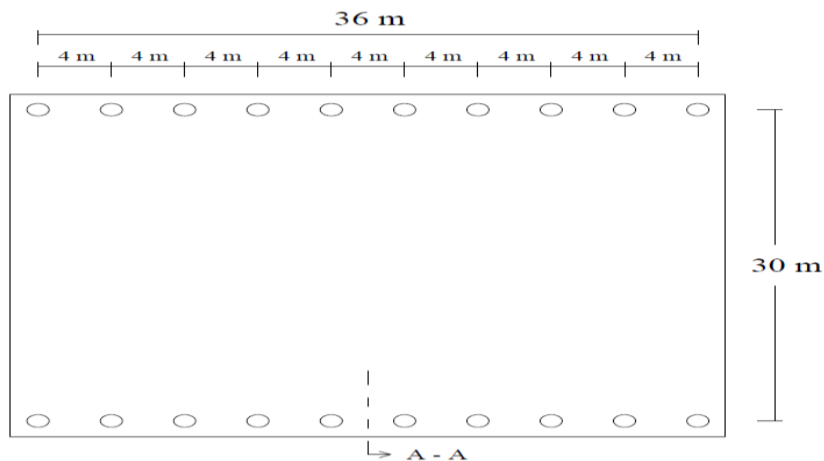
Gambar 1. Bagan alir penulisan tugas akhir

Sumber : Hasil Analisa 2020

HASIL DAN PEMBAHASAN

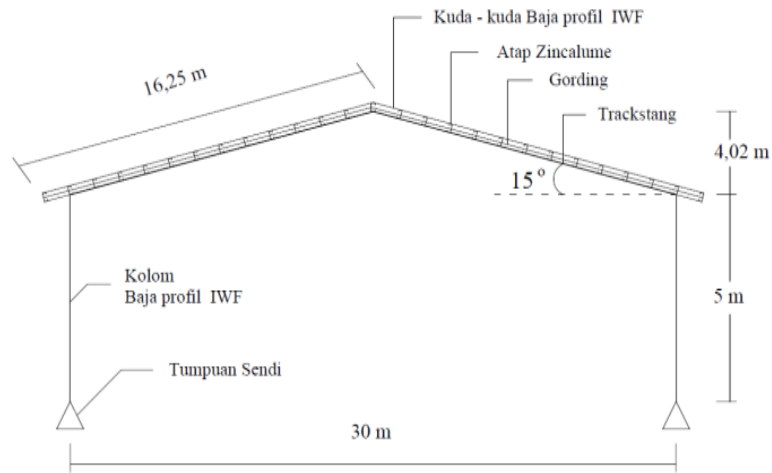
Adapun data-data yang digunakan dalam perencanaan sebagai berikut:

- a) Jarak kolom / Jarak kuda – kuda (Lk) = 4 meter
- b) Tinggi kolom (Tk) = 5 meter
- c) Bentang kuda – kuda (Lt) = 30 meter
- d) Kemiringan sudut atap = 15⁰
- e) Bahan atap (Ba) = Metal zinalume (6 Kg/m²)
- f) Alat sambung = Baut dan Las
- g) Mutu Baja = BJ 37
- h) Trackstang = 2 buah



Gambar 2. Denah konstruksi

Sumber : Hasil Analisa 2020



Gambar 3. Potongan A-A denah konstruksi

Sumber : Hasil Analisa 2020

Tabel 2. Kombinasi gaya momen

TITIK	Frame text	Station (m)	Momen				Kombinasi			Nilai Momen Maks
			B. Mati (D) (Kg.m)	B. Hidup (L) (Kg.m)	B. Angin Kr (Wkr) (Kg.m)	B. Angin Kn (Wkn) (Kg.m)	1,4 D	1,2 D + 1,6 L + 0,5 Wkr	1,2 D + 1,6 L + 0,5 Wkn	
AB	KOLOM KIRI	0	0	0	0	0	0	0	38780,34	
		2,5	11961,94	2919,08	-947,19	947,19	16746,716	18551,26		19498,45
		5	23923,88	5838,16	-1461,25	1461,25	33493,432	37319,09		38780,34
DE	KOLOM KANAN	0	-23923,88	-5838,16	-1461,25	1461,25	-33493,43	-38780,34	-37319,09	-38780,34
		2,5	-11961,94	-2919,08	-947,19	947,19	-16746,72	-19498,45	-18551,26	
		5	0	0	0	0	0	0	0	
BC	BALOK KIRI	0	-24229,22	-5912,68	1441,53	-1441,53	-33920,91	-37814,59	-39256,12	-39256,12
		3,88	-6646,83	-1622,03	1698,99	-1698,99	-9305,562	-9721,95	-11420,94	
		7,76	4564,30	1113,88	1545	-1545	6390,02	8031,87	6486,87	
		11,64	9404,78	2295,06	979,56	-979,56	13166,692	15447,61	14468,05	
		15,53	7864,85	1919,27	0	0	11010,79	12508,65	12508,65	
CD	BALOK KANAN	0	7864,85	1919,27	0	0	11010,79	12508,65	12508,65	-39256,15
		3,88	9404,78	2295,27	-979,56	979,56	13166,692	14468,39	15447,95	
		7,76	4564,30	1113,88	-1545	1545	6390,02	6486,87	8031,87	
		11,64	-6646,83	-1622,03	-1698,99	1698,99	-9305,562	-11420,94	-9721,95	
		15,53	-24229,22	-5912,68	-1441,59	1441,59	-33920,91	-39256,15	-37814,56	

Sumber : Hasil Analisa 2020

Tabel 3. Kombinasi gaya geser

TITIK	Frame text	Station (m)	Geser				Kombinasi			Nilai Geser Maks
			B. Mati (D) (Kg)	B. Hidup (L) (Kg)	B. Angin Kr (Wkr) (Kg)	B. Angin Kn (Wkn) (Kg)	1,4 D	1,2 D + 1,6 L + 0,5 Wkr	1,2 D + 1,6 L + 0,5 Wkn	
AB	KOLOM KIRI	0	4784,78	1167,63	-465,5	465,5	6698,692	7377,19	7842,69	7842,69
		2,5	4784,78	1167,63	-292,25	292,25	6698,692	7463,82	7756,07	
		5	4784,78	1167,63	-119	119	6698,692	7550,44	7669,44	
DE	KOLOM KANAN	0	-4784,78	-1167,63	-119	119	-6698,692	-7669,44	-7550,44	-7842,69
		2,5	-4784,78	-1167,63	-292,25	292,25	-6698,692	-7756,07	-7463,82	
		5	-4784,78	-1167,63	-465,5	465,5	-6698,692	-7842,69	-7377,19	
BC	BALOK KIRI	0	-5117,7	-1248,88	-104,21	104,21	-7164,78	-8191,55	-8087,34	-8191,55
		3,88	-3592,19	-876,6	-5,69	5,69	-5029,066	-5716,03	-5710,34	
		7,76	-2066,67	-504,33	92,83	-92,83	-2893,338	-3240,52	-3333,35	
		11,64	-541,16	-132,06	191,34	-191,34	-757,624	-765,02	-956,36	
		15,53	984,36	240,21	289,86	-289,86	1378,104	1710,50	1420,64	
CD	BALOK KANAN	0	-984,36	-240,21	289,86	-289,86	-1378,104	-1420,64	-1710,50	8191,55
		3,88	541,16	132,06	191,34	-191,34	757,624	956,36	765,02	
		7,76	2066,67	504,33	92,83	-92,83	2893,338	3333,35	3240,52	
		11,64	3592,19	876,6	-5,69	5,69	5029,066	5710,34	5716,03	
		15,53	5117,7	1248,88	-104,21	104,21	7164,78	8087,34	8191,55	

Sumber : Hasil Analisa 2020

Tabel 4. Kombinasi gaya aksial

TITIK	Frame text	Station (m)	Aksial				Kombinasi			Nilai Aksial Maks
			B. Mati (D) (Kg)	B. Hidup (L) (Kg)	B. Angin Kr (Wkr) (Kg)	B. Angin Kn (Wkn) (Kg)	1,4 D	1,2 D + 1,6 L + 0,5 Wkr	1,2 D + 1,6 L + 0,5 Wkn	
AB	KOLOM KIRI	0	-7370,3	-1798,58	-126,99	126,99	-10318,42	-11785,58	-11658,59	-11785,58
		2,5	-7370,3	-1798,58	-126,99	126,99	-10318,42	-11785,58	-11658,59	
		5	-7370,3	-1798,58	-126,99	126,99	-10318,42	-11785,58	-11658,59	
DE	KOLOM KANAN	0	-7370,3	-1798,58	126,99	-126,99	-10318,42	-11658,59	-11785,58	-11785,58
		2,5	-7370,3	-1798,58	126,99	-126,99	-10318,42	-11658,59	-11785,58	
		5	-7370,3	-1798,58	126,99	-126,99	-10318,42	-11658,59	-11785,58	
BC	BALOK KIRI	0	-6325,17	-1543,54	82,07	-82,07	-8855,238	-10018,83	-10100,90	-10100,90
		3,88	-5916,33	-1443,77	82,07	-82,07	-8282,862	-9368,59	-9450,66	
		7,76	-5507,50	-1344	82,07	-82,07	-7710,5	-8718,37	-8800,44	
		11,64	-5098,66	-1244,23	82,07	-82,07	-7138,124	-8068,13	-8150,20	
		15,53	-4689,82	-1144,46	82,07	-82,07	-6565,748	-7417,89	-7499,96	
CD	BALOK KANAN	0	-4689,82	-1144,46	-82,07	82,07	-6565,748	-7499,96	-7417,89	-10100,97
		3,88	-5098,66	-1244,23	-82,07	82,07	-7138,124	-8150,20	-8068,13	
		7,76	-5507,50	-1344	-82,07	82,07	-7710,5	-8800,44	-8718,37	
		11,64	-5916,33	-1443,77	-82,07	82,07	-8282,862	-9450,66	-9368,59	
		15,53	-6325,17	-1543,58	-82,07	82,07	-8855,238	-10100,97	-10018,90	

Sumber : Hasil Analisa 2020

Perhitungan Dimensi Balok – Kolom

Perhitungan dimensi balok

Momen Maks pada balok = 39256,15 Kg.m

Gaya geser maks balok = 8191,55 Kg

Gaya aksial maks balok = 10100,90 Kg

Mutu baja yang digunakan BJ 37 :

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

$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

Digunakan untuk balok profil IWF 350 × 350 × 12 × 19 mm

1. Menghitung properti geometri penampang

$$J = 1791089 \text{ mm}^4$$

$$C_w = 3,73 \times 10^{12} \text{ mm}^6$$

2. Kuat lentur penampang pada kondisi plastis (maksimum)

$$Z_x = 2493182 \text{ mm}^3$$

$$M_p = 59836,37 \text{ Kg.m}$$

3. Tegangan kritis tekuk lentur

$$\frac{KL}{r_{\min}} = \frac{1553 \text{ cm}}{8,84 \text{ cm}} = 175,68 > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97 \text{ (Tekuk elastis)}$$

$$F_e = 63,89 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 56,67 \text{ MPa}$$

4. Tegangan kritis tekuk - puntir

$$G = 77200 \text{ MPa}$$

$$G \times J = 1,38 \times 10^{11} \text{ N.mm}^2$$

$$F_e = 313,04 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 274,54 F_y$$

5. Kuat tekan nominal kolom profil

$$P_n = 985539,67 \text{ N}$$

$$P_c = 88698,57 \text{ Kg}$$

6. Cek klasifikasi penampang

Profil simetri ganda $F_L = 0,7 F_y = 168 \text{ MPa}$ $K_c = 0,78$

$$\text{Sayap : } \lambda_{pf} = 0,38 (E/F_y)^{1/2} = 10,97$$

$$\lambda_{rf} = 0,95 (K_c \times E/F_L)^{1/2} = 25,07$$

$$\frac{1}{2} b_f/t_f = 9,21 < \lambda_{pf} = 10,97 < \lambda_{rf} = 25,07 \text{ (profil sayap kompak)}$$

$$\text{Badan : } \lambda_{pw} = 3,76 (E/F_y)^{1/2} = 108,54$$

$$\lambda_{rw} = 5,70 (E/F_y)^{1/2} = 164,54$$

$$h/t_w = 26 < \lambda_{pw} = 108,54 < \lambda_{rw} = 164,54 \text{ (profil badan kompak)}$$

7. Parameter tekuk torsi lateral

$$L_b = 5,17 \text{ m } L_p = 4,49 \text{ m } L_r = 17,13 \text{ m}$$

Momen nominal terhadap kondisi batas tekuk torsi lateral, untuk

$$L_p = (2,31 \text{ m}) < L_b = (5,17 \text{ m}) < L_r = (6,87 \text{ m})$$

$$M_n = 1428358389 \text{ N.mm} > M_p = 598363680 \text{ N.mm}$$

Karena $M_n > M_p$ maka $M_n = M_p = 598363680 \text{ N.mm}$ (tidak terjadi LTB)

8. Kuat lentur profil ditentukan oleh kondisi leleh

$$M_{nc} = 53852,73 \text{ Kg.m}$$

$$\phi M_n = 88611,92 \text{ Kg.m} > \phi M_p = 53852,73 \text{ Kg.m}$$

Maka, $\phi M_n = 53852,73 \text{ Kg.m}$

9. Menghitung interaksi gaya aksial dan momen lentur

$$\frac{P_r}{P_c} = 0,114 < 0,2$$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$0,06 + \left(\frac{39256,15 \text{ Kg.m}}{53852,73 \text{ Kg.m}} + 0 \right) \leq 1,0$$

$$0,79 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

10. Menghitung interaksi gaya geser dan momen lentur

$$\phi V_n = 544320 \text{ N}$$

$$\frac{M_U}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_U}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{39256,15 \text{ Kg.m}}{53852,73 \text{ Kg.m}} + 0,625 \frac{8191,55 \text{ Kg}}{54432 \text{ Kg}} \leq 1,375$$

$$0,82 \leq 1,375 \text{ (OK)}$$

Perhitungan Dimensi Kolom

Dari analisis dengan SAP 2000 didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\text{Momen maks pada kolom (Mu)} = 38780,34 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Gaya geser maks kolom (Vu)} = 7842,69 \text{ Kg}$$

$$\text{Gaya aksial maks kolom (Pu) = (Pr)} = 11785,6 \text{ Kg}$$

Mutu baja yang digunakan BJ 37 :

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

$$f_u = 370 \text{ MPa}$$

Digunakan untuk kolom profil IWF 350 × 350 × 12 × 19 mm

1. Menentukan klasifikasi penampang

$$\text{Sayap : } \frac{b_f}{t_f} = \frac{35 \text{ cm} \times 0,5}{1,9 \text{ cm}} = 9 < \lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 16,17 \text{ (tidak langsing)}$$

$$\text{Badan : } \frac{h}{t_w} = \frac{31,2 \text{ cm}}{1,2 \text{ cm}} = 26 < \lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 43,01 \text{ (tidak langsing)}$$

2. Tegangan kritis tekuk lentur

$$\frac{KL}{r_{\min}} = \frac{500 \text{ cm}}{8,84 \text{ cm}} = 56,56 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135,97 \text{ (Tekuk inelastis)}$$

$$F_{cr} = 0,85 F_y$$

3. Tegangan kritis tekuk - puntir

$$G = 77200 \text{ MPa}$$

$$G \times J = 1,38 \times 10^{11} \text{ N. mm}^2$$

$$F_e = 801,66 \text{ MPa}$$

$$\frac{F_y}{F_e} = 0,30$$

$$F_{cr} = 0,88 F_y$$

4. Kuat tekan nominal kolom profil

$$P_n = 3545963,53 \text{ N}$$

$$P_c = 319136,72 \text{ Kg}$$

5. Kuat lentur penampang pada kondisi plastis (maksimum)

$$Z_x = 2493182 \text{ mm}^3$$

$$M_p = 59836,37 \text{ Kg.m}$$

6. Cek klasifikasi profil

$$\text{Sayap : } \lambda_{pf} = 0,38 (E/F_y)^{1/2} = 10,97 \quad \lambda_{rf} = 1,0 (E/F_y)^{1/2} = 28,87$$

$$\frac{1}{2} b_f/t_f = 9 < \lambda_{pf} = 10,97 < \lambda_{rf} = 28,87 \text{ (profil sayap kompak)}$$

$$\text{badan : } \lambda_{pw} = 3,76 (E/F_y)^{1/2} = 108,54 \quad \lambda_{rw} = 5,70 (E/F_y)^{1/2} = 164,64$$

$$h/t_w = 26 < \lambda_{pw} = 108,54 < \lambda_{rw} = 164,64 \text{ (profil badan kompak)}$$

7. Perhitungan akibat tekuk torsi lateral (LTB)

$$(L_b) = 5 \text{ m } L_p = 4,49 \text{ m } L_r = 17,13 \text{ m}$$

Momen nominal terhadap kondisi batas tekuk torsi lateral, untuk

$$L_p = (4,49 \text{ m}) < L_b = (5 \text{ m}) < L_r = (17,13 \text{ m})$$

$$M_n = 981111890,3 \text{ N.mm} > M_p = 598363680 \text{ N.mm}$$

Karena $M_n > M_p$ maka $M_n = M_p = 598363680 \text{ N.mm}$ (tidak terjadi LTB)

8. Kuat lentur profil : ditentukan oleh kondisi leleh

$$M_{nc} = 53852,73 \text{ Kg.m}$$

$$\phi M_n = 88611,92 \text{ Kg.m} > \phi M_p = 53852,73 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Maka, } \phi M_n = 53852,73 \text{ Kg.m}$$

9. Menghitung interaksi gaya aksial dan momen lentur

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{11785,58 \text{ Kg}}{319136,72 \text{ Kg}} = 0,04 < 0,2$$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$0,02 + \left(\frac{38780,34 \text{ Kg.m}}{53852,73 \text{ Kg.m}} + 0 \right) \leq 1,0$$

$$0,74 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

10. Menghitung interaksi gaya geser dan momen lentur

$$\phi V_n = 544320 \text{ N}$$

$$\frac{M_U}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_U}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{38780,34 \text{ Kg.m}}{53852,73 \text{ Kg.m}} + 0,625 \frac{7842,69 \text{ Kg}}{54432 \text{ Kg}} \leq 1,375$$

$$0,81 \leq 1,375 \text{ (OK)}$$

Perhitungan Sambungan

Sambungan balok dengan kolom

Momen pada ujung balok yg disambung = 39256,12 Kg.m

Gaya geser pada ujung balok yg disambung (R_u) = 8191,55 Kg

Gaya aksial pada ujung balok yg disambung = 10100,9 Kg

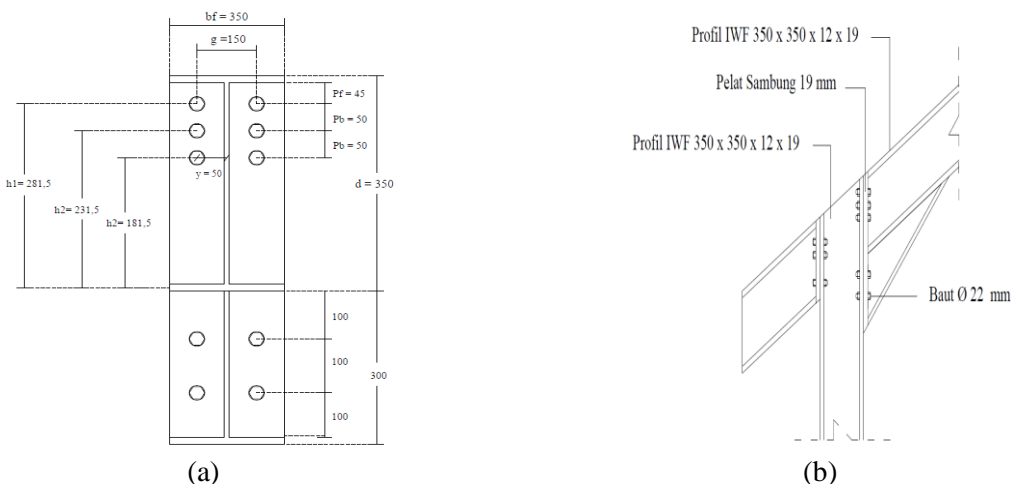
Persyaratan desain sambungan metode DFBK, di mana $\phi = 0,75$

Profil baja balok ukuran 350 x 350 x 12 x 19

Mutu baja yang digunakan BJ 37 :

f_y = 240 MPa

f_u = 370 MPa



Gambar 4. Konfigurasi sambungan balok ke kolom (a) dan Detail sambungan balok ke kolom (b)

Sumber : Hasil Analisa 2020

Jarak baut dari titik pusat lubang baut ke ujung tepi

$$1,5 d \leq S_t \leq 12 t_p$$

$$1,5 (22 \text{ mm}) \leq S_t \leq 12 (19 \text{ mm})$$

$$33 \text{ mm} \leq S_t \leq 228 \text{ mm}$$

$$S_t = 50 \text{ mm}$$

Jarak antar baut

$$3 d \leq S_t \leq 14 t_p$$

$$3 (22 \text{ mm}) \leq S_t \leq 14 (19 \text{ mm})$$

$$66 \text{ mm} \leq S_t \leq 266 \text{ mm}$$

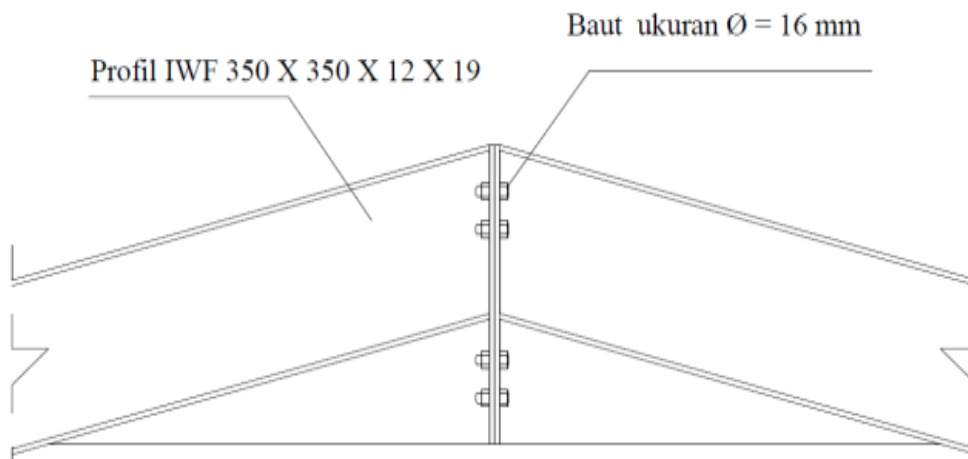
$$S_t = 106 \text{ mm}$$

Sambungan balok dengan balok

Momen pada ujung balok yg disambung = 12508,65 Kg.m

Gaya geser pada ujung balok yg disambung = 1710,5 Kg

Gaya aksial pada ujung balok yg disambung = 7499,96 Kg



Gambar 5. Detail sambungan balok ke balok

Sumber : Hasil Analisa 2020

Jarak baut dari titik pusat lubang baut ke ujung tepi

$$1,5 d \leq S_t \leq 12 t_p$$

$$1,5 (16 \text{ mm}) \leq S_t \leq 12 (19 \text{ mm})$$

$$24 \text{ mm} \leq S_t \leq 228 \text{ mm}$$

$$S_t = 50 \text{ mm}$$

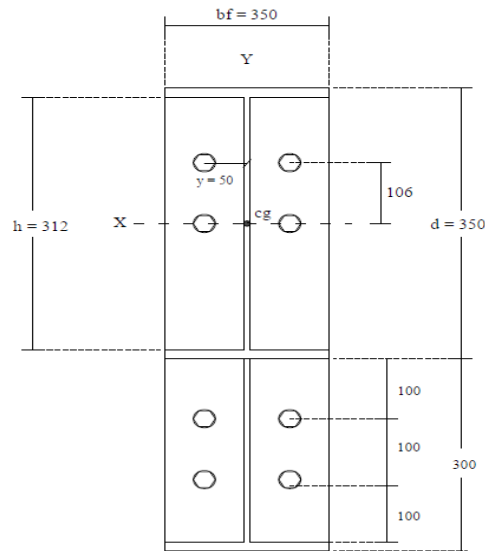
Jarak antar baut

$$3 d \leq S_t \leq 14 t_p$$

$$3 (16 \text{ mm}) \leq S_t \leq 14 (19 \text{ mm})$$

$$48 \text{ mm} \leq S_t \leq 266 \text{ mm}$$

$$S_t = 106 \text{ mm}$$



Gambar 6. Konfigurasi sambungan balok ke balok

Sumber : Hasil Analisa 2020

Sambungan Base-Plate

Gaya aksial kolom (P_U) = (N_{ua}) = 11785,58 Kg \approx 117855,8 N

Gaya geser kolom (V_{ua}) = 7842,69 Kg

Lebar pelat *base-plate* (B) = 350 mm

Panjang pelat *bese-plate* (N) = 450 mm

Baut angkur (d_a) ϕ 1 in dan mutu A354 :

$f_U = 862 \text{ MPa}$

Kedalaman baut angkur = 300 mm

Persyaratan desain baut angkur dengan metode DFBK dimana $\phi = 0,75$

Digunakan pelat landas ukuran :

B = 350 mm, N = 400 mm, $t_p = 10 \text{ mm}$

1. Kuat baut angkur terhadap tarik

$\phi N_{sa} = 13869,37 \text{ Kg}$

2. Kuat baut angkur kelompok terhadap geser

(V_n) Baut angkur kelompok = 43272,42 Kg

3. Interaksi gaya tarik dan gaya geser

Rasio gaya tarik

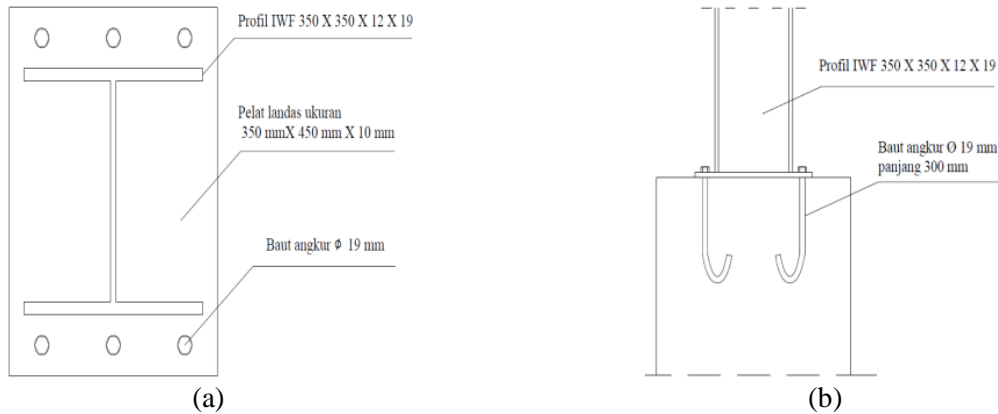
$$\frac{N_{ua}}{\phi N_U} = \frac{11785,55 \text{ Kg}}{13869,37 \text{ Kg}} = 0,85$$

Rasio gaya geser

$$\frac{V_{ua}}{\phi V_n} = \frac{7842,69 \text{ Kg}}{43272,42 \text{ Kg}} = 0,18$$

Cek interaksi

$$\frac{N_{ua}}{\phi N_U} + \frac{V_{ua}}{\phi V_n} = 1,03 \leq 1,2 \text{ (OK)}$$



Gambar 7. Detail sambungan *base - plate* tampak atas (a) dan tampak samping (b)

Sumber : Hasil Analisa 2020

Perhitungan sambungan las pada Base-plate

- Tebal pelat (t_p) = 10 mm
- Ukuran las minimum = 5 mm
- Ukuran las maksimum = $t_p - 1,6 = 10 \text{ mm} - 1,6 = 8,4 \text{ mm}$
- Digunakan ukuran las = 5 mm
- Digunakan las mutu E6013 :
- kuat tarik (F_{ny}) = 450 MPa

1. Kuat rencana las sudut ukuran 5 mm per mm panjang

$$\phi R_{nw} = 716,85 \text{ N/mm}$$

2. Beban tarik terfaktor

$$R_u = 117855,5 \text{ N} + 78426,9 \text{ N} = 196282,40 \text{ N}$$

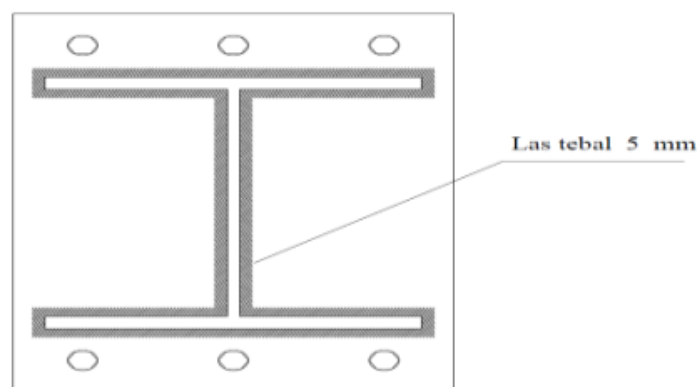
3. Panjang perlu las sudut

$$\frac{R_u}{\phi R_n} = 273,81 \text{ mm} \approx 280 \text{ mm}$$

4. Cek tahanan nominal las

$$\phi_w R_n \geq R_u$$

$$716,85 \text{ N/mm} > \left(\frac{196282,40 \text{ N}}{280 \text{ mm}} = 701,01 \text{ N/MM} \right) \text{ (OK)}$$



Gambar 8. Detail sambungan las *base-plate*

Sumber : Hasil Analisa 2020

SIMPULAN

1. Dimensi balok menggunakan profil IWF ukuran $350 \times 350 \times 12 \times 19 \text{ mm}$, dan untuk dimensi kolom menggunakan profil IWF ukuran $350 \times 350 \times 12 \times 19 \text{ mm}$.
2. Sambungan konstruksi menggunakan baut dan las dengan hasil sebagai berikut :

- a. Sambungan balok dengan kolom menggunakan 10 baut \varnothing 22 mm dan las ukuran 8 mm dengan panjang 160 mm.
- b. Sambungan balok dengan balok menggunakan 8 baut \varnothing 16 mm dan las ukuran 8 mm dengan panjang 90 mm.
- c. Sambungan *base - plate* menggunakan 6 baut angkur \varnothing 19 mm dan las ukuran 5 mm dengan panjang 310 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Amon, Rene., Bruce Knobloch dan Atanu Mazumder. *Perencanaan Konstruksi Baja Untuk Insinyur Dan Arsitek 1*. Terjemahan oleh Ridwan Handoyo. Pradnya Paramita. Jakarta. 2000
- Badan Standardisasi Nasional. *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. SNI 1729-2015. Jakarta. 2015
- Badan Standardisasi Nasional. *Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktural lain*. SNI 1727-2013. Jakarta. 2013
- Dewobroto, Wiryanto. 2016. *Struktur Baja edisi kedua*. Jurusan Teknik Sipil UPH. Tangerang. 2016
- Oentoeng. *Konstruksi Baja*. ANDI. Yogyakarta. 2000
- Setiawan, Agus. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Erlangga. Semarang. 2008
- Tamrin, A. G. *Teknik Konstruksi Bangunan Gedung Jilid 2*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta. 2008