

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA
(Studi kasus : Gedung Laboratorium Terpadu Fakultas
Teknik Universitas Jember)**

Anggi Wicaksono Saputra¹, Muhtar², Pujo Priyono³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia
Email : ang.050697@gmail.com

Abstract

Steel are alternative building materials to withstand the quake yang very well, because if compared to the balkans with the structure of the concrete, the steel, once a highway habits daktilitas yang I can't dimanfaatkan pad saudi structure memikul the burden of the aftermath of the quake. The system of Eccentrically Braced Frames (EBF) are any one of these systems the structure of the penahan quake yang is the most effective untuk used day regional quake prone. Kelebihan system I is daktilitas structure yang baik dengan mechanisms kelelehan slide happens pad link short term. The Link is a parts of the pad elements of the structure of the reinforcements yang formed nobody perpotongan reinforcements and bresing.

Pad perhitungan structure of the building withstand the quake I mengacu pad Standard Planning Security Quake Untuk Building Structure Building SNI 03-1726-2015, the procedures the Planning of the Structure of the Steel teeth of the Structure of the Building Building SNI 03-1729-2012, and Regulations Pembebanan Indonesia Untuk Building Building PPIUG 1983. Dan road menganalisis strukturnya ditinjau with the influence of the burden of the quake mraz with make use of the program the band WHO 2000.

Of deal analysis dan perhitungan diperoleh gains for the first tebal pelat roofs 10 cm dan tebal pelat floor 12 cm, the dimensions of the reinforcements the parent WF.440.300.11.18, dimensional reinforcements child WF 300.200.8.12 dan WF 400.200.8.13 and dimensions of the link and reinforcements diluar link make use of the size of the WF.440.300.11.18 dan bressing make use of the size of the WF.300.300.10.15 dan-dimensional columns 1-2 make use of profile king cross 600.300.12.20, floor 3-4 make use of the profile 600.200.11.17, floor 5 profile KC.500.200.10.16 dan floor 6 profile KC. 450.200.9.14.

Keywords: *Quake, the Structure of the steel, the System is EBF.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan perekonomian di Indonesia yang pesat memicu pertumbuhan dan pembangunan gedung-gedung tingkat tinggi karena ketersediaan lahan mulai berkurang. Hal tersebut mendorong para perencana bangunan untuk membuat bangunan bertingkat yang tahan gempa, karena Indonesia terletak di antara dua lempeng dunia yang aktif, yaitu Eurasia dan Australia.

Material baja sebagai bahan konstruksi memiliki beberapa keunggulan dibanding material lainnya. Beberapa keunggulan material baja adalah mempunyai kekuatan yang tinggi, keseragaman dan keawetan yang tinggi, baja berperilaku elastis hingga tegangan yang cukup tinggi mengikuti Hukum Hooke dan baja mempunyai daktilitas yang cukup tinggi karena suatu batang baja yang menerima tegangan Tarik yang tinggi akan mengalami regangan torsi yang cukup besar sebelum terjadi keruntuhan. Material baja juga memiliki kekurangan, terutama dari sisi pemeliharaan, konstruksi baja yang berhubungan langsung dengan udara dan air secara periodik harus dicat, serta perlindungan material baja terhadap kebakaran atau temperatur yang tinggi akan mengalami penurunan kekuatan secara drastis, dan kelemahan lainnya adalah masalah tekuk yang merupakan fungsi dari kelangsingan suatu penampang.

Beban Gempa pada umumnya semua beban statik ekuivalen yang berkerja pada struktur akibat adanya pergerakan tanah horizontal maupun vertical. Namun pengaruh gempa horizontal jauh lebih menentukan dari pada gempa vertical. Besarnya gaya geser dasar ditentukan berdasarkan persamaan $V = \frac{C \times I}{R} \cdot W_t$, dengan C adalah factor respon gempa yang ditentukan berdasarkan lokasi bangunan dan jenis tanahnya, I adalah factor keutamaan gedung, R adalah faktor reduksi gempa yang tergantung pada jenis struktur, sedangkan W_t adalah berat total bangunan. (Buku Baja Metode LRFD, Agus Setiawan, n.d.)

Kondisi geologi dan kondisi tanah akan menyebabkan respon tanah akibat beban gempa akan berlainan, beberapa factor yang berpengaruh terhadap respon tanah diantaranya adalah indeks plastisitas (PI), kandungan frekuensi gempa serta keadaan beban di atas permukaan lapisan tanah. Beban pada lapisan tanah akan berpengaruh terhadap kekakuannya,

sehingga mengakibatkan respon tanah berlainan.

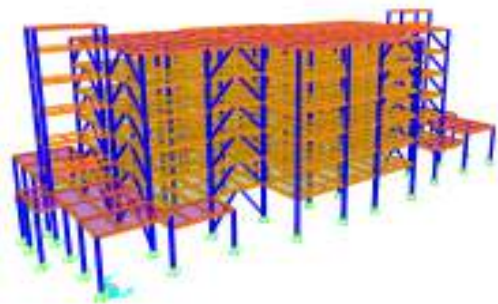
Mengingat keuntungan konstruksi baja yang mempunyai kekuatan tinggi akan tetapi lemah terhadap stabilitas, sedangkan beban gempa mengakibatkan ketidakstabilan struktur gedung bertingkat. Menjadikan gedung struktur baja rawan kestabilan terhadap beban gempa.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian tentang perencanaan struktur baja tahan gempa ini dilakukan dengan bantuan *software* SAP200, dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data.
2. Pengumpulan data menggunakan data existing Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Preliminary design yaitu menghitung perencanaan struktur sekunder dan struktur utama gedung.
4. Pembebanan struktur utama
5. Perencanaan dengan program SAP.
6. Kontrol desain.
7. Perencanaan Sambungan.
8. Mengambil kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN Pemodelan Struktur



Gambar 4.1 Pemodelan Struktur 3 dimensi menggunakan SAP2000

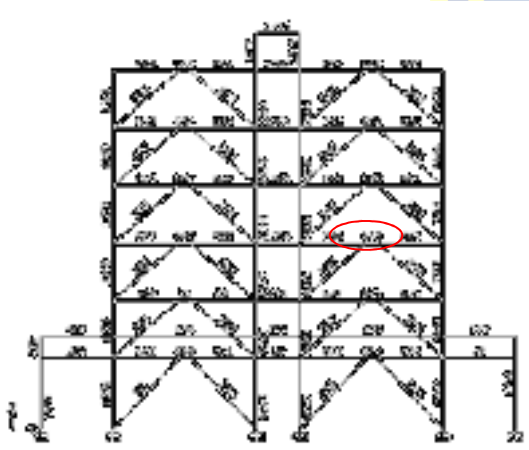
1. Kontrol Periode Getar Alami Fundamental
Dari hasil Analisa program bantu SAP 2000 di bawah didapat $T_1 = 1,009$ s dan $T_2 = 0,855$ s. Maka berdasarkan control waktu getar nilai T masih lebih kecil dari $C_u \times T = 1,344$ s. Jadi analisis Gedung Labolatorium Fakultas Teknik Universitas Jember memenuhi syarat SNI 1729:2012 Pasal 7.8.2.

TABLE: Response Spectrum Modal Information				
OutputCase	ModalCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Text	Unitless	Sec
GEMPA X	MODAL	Mode	1	1,009993
GEMPA X	MODAL	Mode	2	0,855447
GEMPA X	MODAL	Mode	3	0,832225
GEMPA X	MODAL	Mode	4	0,606975
GEMPA X	MODAL	Mode	5	0,576963
GEMPA X	MODAL	Mode	6	0,510423
GEMPA X	MODAL	Mode	7	0,489792
GEMPA X	MODAL	Mode	8	0,446563
GEMPA X	MODAL	Mode	9	0,410578
GEMPA X	MODAL	Mode	10	0,400188
GEMPA X	MODAL	Mode	11	0,398064
GEMPA X	MODAL	Mode	12	0,396046

Tabel 4.1 Periode dan Frekuensi Struktur Hasil SAP2000

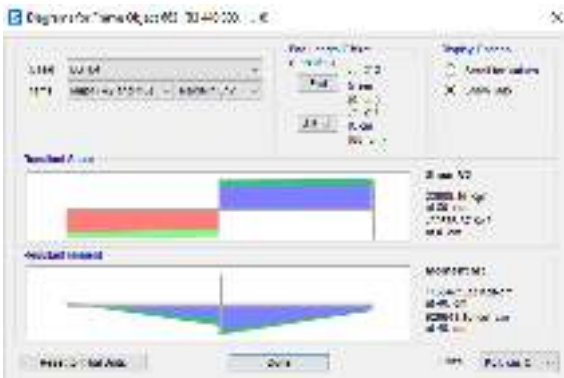
Perencanaan Link Beam

Pada perhitungan link arah y dipilih pada objek frame 663 sesuai portal berikut.



Pada link arah direncanakan menggunakan profil WF 440.300.14.11, dari hasil analisis SAP dapat diperoleh data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Mu &= 1155471 \text{ kg.cm} \\ Vu &= 23909 \text{ kg} \\ Pu &= 1420 \text{ kg} \\ \Delta e &= 3,4 \text{ mm} \end{aligned}$$



a. Kontrol penampang Sayap (flens)

$$\begin{aligned} \lambda_p &= 0,30 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 0,30 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 8,49 \end{aligned}$$

$$\lambda_f = \frac{b}{2tf} = \frac{300}{2 \cdot 18} = 8,33$$

$$\lambda_f < \lambda_p \quad (\text{Ok})$$

Badan (web)

$$\lambda_w = \frac{h}{tw} = \frac{356}{11} = 32,36$$

$$C_a = \frac{Pu}{\phi_b P_y} = \frac{Pu}{0,9 f_y A_g} = 0,048$$

$$0,048 < 0,125$$

$$\begin{aligned} \lambda_{ps} &= 3,14 \sqrt{\frac{E}{f_y} (1 - 1,54 C_a)} \\ &= 85,50 > 32,36 \quad (\text{Ok}) \end{aligned}$$

b. Kontrol geser

$$\begin{aligned} 0,15 P_y &= 0,15 \cdot f_y \cdot A_g \\ &= 0,15 \cdot 2500 \cdot 157,4 \\ &= 59025 \text{ kg} > 1420 \text{ pengaruh kuat geser} \end{aligned}$$

diabaikan

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot f_y \cdot w \cdot A_w \\ A_w &= (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= (44 - 2 \cdot 1,8) \cdot 1,1 \\ &= 44,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 \cdot 2500 \cdot 44,44 \\ &= 66660 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \cdot 2728 \\ &= 6820000 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2M_p/e &= (2 \cdot 6820000)/80 \\ &= 170500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_n = 59994 > 23909 \quad (\text{Ok})$$

C. Kontrol sudut rotasi link

$$1,6M_p/V_p = 163,696 \text{ cm}$$

$$2,6M_p/V_p = 266,007 \text{ cm}$$

$$e = 80 \text{ cm} < 1,6M_p/V_p$$

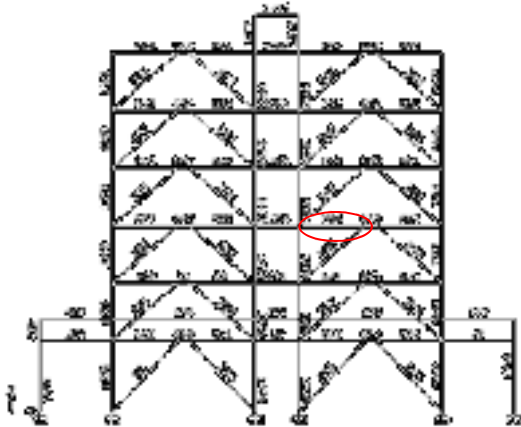
$$\text{Maka } \alpha \text{ maks} = 0,08 \text{ rad}$$

$$\Delta = C_d \cdot \Delta e = 13,6 \text{ mm}$$

$$\alpha = \left(\frac{L}{e}\right) \cdot \Delta = 0,04 < \alpha \text{ maks} \quad (\text{Ok})$$

Perencanaan Outside beam

Pada perhitungan Outside beam arah y dipilih pada objek 664 sesuai portal. Pada outside beam arah Y direncanakan menggunakan profil WF 440.300.14.11



Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal 15.13.6.2, kuat perlu balok yang terletak diluar link harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal link sebesar $R_y \cdot V_n$. Dan kuat rencana balok diluar link dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung berdasarkan butir 8 dan mengalikannya dengan faktor R_y .

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$$

V_n = Kuat geser nominal link, diambil yang terkecil dari V_p atau $2Mp/e$

$$V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w$$

$$= 0,6 \cdot 2500 \cdot (44 - 2 \cdot 1,4) \cdot 1,1$$

$$= 666600 \text{ kg}$$

$$2 \cdot Mp / e = 170500 \text{ kg}$$

V_n menentukan = 666600 kg

$$\text{Maka, } V_n = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 666600 = 1099890 \text{ kg}$$

a. Kontrol penampang

Sayap (flens)

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda_f = \frac{b}{2 t_f} = \frac{300}{2 \cdot 18} = 8,33$$

$$\lambda_f < \lambda_p \quad (\text{Ok})$$

Badan (web)

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{356}{11} = 32,36$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,3$$

$$\lambda_w < \lambda_p \quad (\text{Ok})$$

b. Kapasitas momen penampang

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 6820000 \text{ kg.cm}$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 6820000$$

$$= 6138000 \text{ kg.cm}$$

c. Kapasitas geser penampang

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{356}{11} = 32,36$$

$$a = (L - e) / 2$$

$$= 4600$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} = 5,05$$

$$1,1 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} = 69,888$$

$$32,36 < 69,888 \text{ (plastis)}$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot R_y$$

$$= 1089000 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot V_n = 980100 \text{ kg}$$

d. Kontrol interaksi geser lentur

$$\frac{M_u}{\phi \cdot M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi \cdot V_n} \leq 1,375$$

$$0,89 \leq 1,375 \quad (\text{Ok})$$

Perencanaan Bressing

Pada perhitungan bressing arah y dipilih pada objek 540 sesuai portal berikut.



Pada outside beam arah Y direncanakan menggunakan profil WF 300.300.10.15 Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal 15.13.6.2, kuat perlu balok yang terletak diluar link harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal link sebesar $R_y \cdot V_n$. Dan kuat rencana balok diluar link dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung berdasarkan butir 8 dan mengalikannya dengan faktor R_y .

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$$

V_n = Kuat geser nominal link, diambil yang terkecil dari V_p atau $2Mp/e$

$$V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w$$

$$= 0,6 \cdot 2500 \cdot (30 - 2 \cdot 1,5) \cdot 1$$

$$= 40500 \text{ kg}$$

$$2 \cdot M_p / e = 91562,5 \text{ kg}$$

Vn menentukan = 40500 kg

$$\text{Maka, } V_n = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 40500$$

$$= 75937,5 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ tekan} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = 115748 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ tarik} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = 115748 \text{ kg}$$

a. Kontrol penampang

Sayap (flens)

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda_f = \frac{b}{2 t_f} = \frac{300}{2 \cdot 15} = 10,00$$

$$\lambda_f < \lambda_p \quad (\text{Ok})$$

Badan (web)

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{234}{10} = 23,40$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,3$$

$$\lambda_w < \lambda_p \quad (\text{Ok})$$

b. Kontrol kekuatan bresing

$$L = \sqrt{400^2 + 460^2} = 609,6 \text{ cm}$$

$$\text{Arah Y, } \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = 46,71$$

$$\text{Arah Y, } \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = 81,17$$

$$\lambda_y = \lambda = 81,170$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,91$$

$0,25 < \lambda < 1,2$ maka :

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = 1,45$$

Bresing Tarik

$$P_{max} = R_y \cdot f_y \cdot A_g$$

$$= 449250 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 404325 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > 115748 \quad (\text{Ok})$$

Bresing Tekan

$$P_{max} = 1,1 \cdot R_y \cdot f_y \cdot A_g / f_c r$$

$$= 675945,38 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 574554 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > 115748 \quad (\text{Ok})$$

c. Check shear strength

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 63,357 > \frac{h}{t_w}$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$C_v = 1,0$$

$$\phi V_n = 450000 > 75937,5 \quad (\text{Ok})$$

Perencanaan Balok

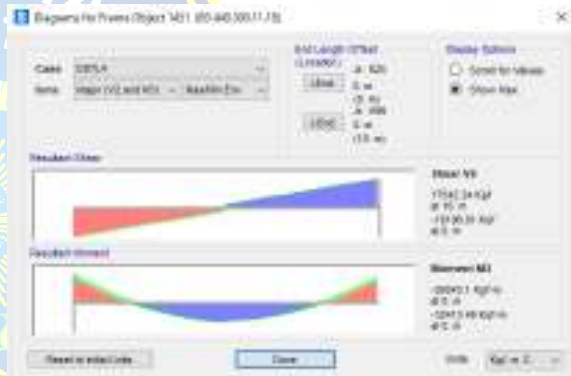
7,361	7,46	7,57	7,69	7,81
14,51	14,51	14,51	14,51	14,51
14,51	14,51	14,51	14,51	14,51
14,51	14,51	14,51	14,51	14,51
14,51	14,51	14,51	14,51	14,51
14,51	14,51	14,51	14,51	14,51
14,51	14,51	14,51	14,51	14,51
14,51	14,51	14,51	14,51	14,51
14,51	14,51	14,51	14,51	14,51
14,51	14,51	14,51	14,51	14,51

Pada balok induk pada objek 1451 direncanakan menggunakan profil WF 440.300.18.11

Dari hasil analisis SAP :

$$M_u = 32413 \text{ kg}$$

$$V_u = 18196 \text{ kg}$$



a. Kontrol penampang Untuk sayap (Flens)

$$\lambda_p = 0,30 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 8,49$$

$$\lambda_f = \frac{b}{2 t_f} = 8,33$$

$$8,33 < 8,49 \quad (\text{ok})$$

Merupakan penampang kompak Untuk badan (web)

$$\lambda_p = 2,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 69,30$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = 32,36$$

$$32,36 < 69,30 \quad (\text{ok})$$

Merupakan penampang kompak

b. Kontrol tekuk lateral buckling

$$\phi \times M_n = 0,9 \times M_n$$

$$= 0,9 \times 227973,35$$

$$= 205176 \text{ kg.m} > M_u = 32413 \text{ kg.m}$$

c. Kontrol geser

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 63,35 > \frac{h}{t_w}$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$C_v = 1,0$$

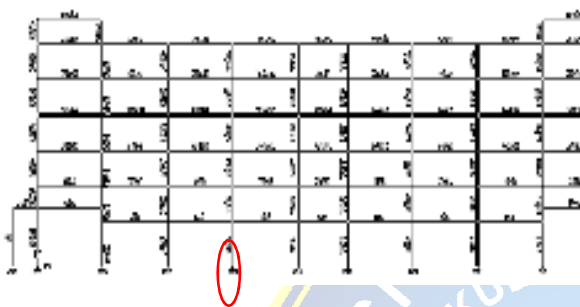
$$\phi \cdot V_u = 726000 > 18196 \quad (\text{Ok})$$

d. Kontrol lendutan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1000}{360} = 2,78 \text{ cm}$$

$$\Delta_{hitung} = 2,65 = 2,65 < 2,78 \text{ cm (Ok)}$$

Perencanaan Kolom

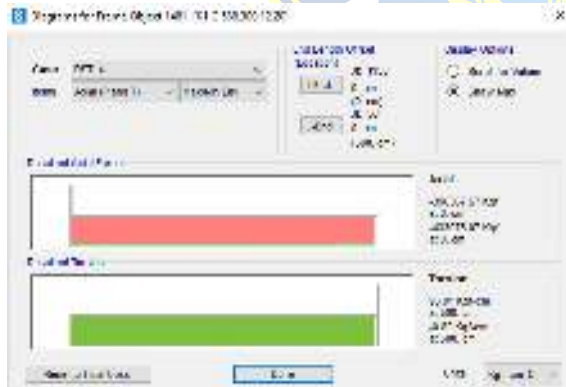


Pada Kolom objek 1481 direncanakan menggunakan profil Kingcross 600.300.12.20

$$P_u = 433.075 \text{ kg}$$

$$M_{ntx} = 263357 \text{ kg.cm}$$

$$M_{nty} = 2410368 \text{ kg.cm}$$



a. Kontrol penampang profil

Untuk sayap (flens)

$$\lambda_p = 0,30 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 8,49$$

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = 7,50$$

$$\lambda_f < \lambda_p$$

$$7,50 < 8,49 \quad (\text{ok})$$

Merupakan penampang kompak

Untuk badan (web)

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = 41,00$$

$$C_a = \frac{P_u}{\phi_b P_y} = \frac{P_u}{0,9 f_y A_g} = 0,622$$

$$0,622 > 0,125$$

$$\lambda_{ps} = 1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y} \left(2,33 \cdot \frac{P_u}{\phi_b P_y} \right)}$$

$$= 54,11 > 41,00 \quad (\text{Ok})$$

Merupakan penampang kompak

b. Kontrol tekuk lateral

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 241,63 \times 302$$

$$= 729727 \text{ N}$$

$$\phi \cdot P_n = 0,9 \times 729727$$

$$= 656754,3 \text{ N}$$

$$\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} = \frac{422640}{656754,3}$$

$$= 0,66 > 0,2$$

Kontrol tekan – lentur

$$\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

$$0,899 \leq 1 \quad (\text{ok})$$

Table 4.5 Rekapitulasi Perhitungan Kolom

Lokasi	Profil Kolom	Kontrol Beam Column		Ket
Lt. 1-2	Profil King Cross 600.300.20.12	0,90	1,0	(Ok)
Lt. 3-4	Profil King Cross 600.200.11.17	0,88	1,0	(Ok)
Lt. 5	Profil King Cross 500.200.10.16	0,82	1,0	(Ok)
Lt. 6	Profil King Cross 450.200.9.14	0,60	1,0	(Ok)
K5	Profil King Cross 700.300.24.13	0,71	1,0	(Ok)

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, oleh penulis maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan struktur sekunder :
 - b. Pelat lantai atap memiliki ketebalan 10 cm dan dipasang tulangan Tulangan atas $\phi 10 - 125$ ($A_s = 5,71 \text{ cm}^2$) dan Tulangan atas $\phi 8 - 200$ ($A_s = 2,51 \text{ cm}^2$).
 - c. Pelat lantai memiliki ketebalan 12 cm dan dipasang tulangan Tulangan atas $\phi 10 - 125$ ($A_s = 5,71 \text{ cm}^2$) dan Tulangan atas $\phi 8 - 200$ ($A_s = 2,51 \text{ cm}^2$).
 - d. Dimensi balok anak bentang 8 meter menggunakan profil WF 300.200.8.12 dengan mutu baja BJ41 dan balok anak dengan bentang 10 meter menggunakan profil baja WF 400.200.8.13 dengan menggunakan mutu baja BJ41.
 - e. Tebal pelat tangga yang digunakan 3mm dan dimensi balok penyangga pelat tanggapan menggunakan profil siku 60x60x6 dengan mutu baja BJ4.

- f. Dimensi balok utama tangga menggunakan profil WF 175.175.7,5.11 dengan menggunakan mutu baja BJ41.
2. Hasil perhitungan struktur primer :
- Link* arah X dan Y merupakan link pendek dengan panjang *link* 80 cm.
 - Dimensi link dan balok diluar link arah X dan Y menggunakan profil WF 440.300.11.18 dan menggunakan mutu baja BJ41.
 - Dimensi bressing arah X dan Y menggunakan profil lantai WF 300.300.10.15 dan menggunakan mutu baja BJ41.
 - Dimensi balok induk menggunakan profil WF 440.300.11.18 dan menggunakan mutu baja BJ41.
 - Dimensi kolom lantai 1-2 menggunakan profil king cross 600.300.12.20, lantai 3-4 menggunakan profil king cross 600.200.11.17, lantai 5 menggunakan profil king cross 500.200.10.16 dan lantai 6 menggunakan profil king cross

450.200.9.14 dan menggunakan mutu baja BJ41.

5. REFERENSI

- [1] *Buku Baja Metode LRFD*, Agus Setiawan. (n.d.).
- [2] SNI-1729. (2015). *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural Badan Standardisasi Nasional*.
- [3] American Institute of Steel Construction, S. S. E. C. (2006). *American Institute Of Steel Construction AISC, Structural Steel Educational Council AISC Seismic Design Manual* (p. 772). p. 772.
- [4] Schodek. (1992). Schodek 1992. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(1), 047–056.
- [5] SNI-1726. (2012). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*.
- [6] SNI-2847. (2013). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*.
- [7] Peraturan Pembebanan Indonesia. (1983).

