

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

Anggi Wicaksono Saputra

Dosen Pembimbing :

Dr.Muhtar,ST.,MT ; Ir.Pujo Priyono.,MT.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia

Email : ang.050697@gmail.com

Baja merupakan alternative bahan bangunan tahan gempa yang sangat baik, karena jika dibandingkan dengan struktur beton, baja dinilai memiliki sifat daktilitas yang dapat dimanfaatkan pada saat struktur memikul beban akibat gempa. Sistem Eccentrically Braced Frames (EBF) merupakan salah satu sistem struktur penahan gempa yang paling efektif untuk digunakan di daerah rawan gempa. Kelebihan sistem ini adalah daktilitas struktur yang baik dengan mekanisme kelelahan geser yang terjadi pada link pendek. Link adalah bagian pada elemen struktur balok yang dibentuk oleh perpotongan balok dan bresing.

Pada perhitungan struktur gedung tahan gempa ini mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2015, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1729-2012, dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung PPIUG 1983. Dan dalam menganalisis strukturnya ditinjau dengan pengaruh beban gempa dinamik dengan menggunakan program bantu SAP 2000.

Dari hasil analisa dan perhitungan diperoleh hasil yaitu : tebal pelat atap 10 cm dan tebal pelat lantai 12 cm, dimensi balok induk WF.440.300.11.18, dimensi balok anak WF 300.200.8.12 dan WF 400.200.8.13 dan dimensi link dan balok diluar link menggunakan ukuran WF.440.300.11.18 dan bresing menggunakan ukuran WF.300.300.10.15 dan dimensi kolom 1-2 menggunakan profil king cross 600.300.12.20, lantai 3-4 menggunakan profil 600.200.11.17, lantai 5 profil KC.500.200.10.16 dan lantai 6 profil KC. 450.200.9.14.

Kata kunci: Gempa, Struktur baja, Sistem 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 tarian 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 pegerakan 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. KAJIAN PUSTAKA

Dasar Teori

Secara umum, gempa bumi merupakan getaran permukaan tanah yang disebabkan oleh aktivitas Tektonik dan Vulkanisme. Daniel L. Schodek (1999) menyebutkan bahwa gempa bumi juga dapat terjadi karena fenomena gertaran dengan kejutan pada kerak bumi.

Berdasarkan UBC 1997, tujuan desain bangunan tahan gempa adalah mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan tiga kriteria sebagai berikut :

1. Ketika terjadi gempa kecil, tidak terjadi kerusakan sama sekali
2. Ketika terjadi gempa sedang, maka diperbolehkan terjadi kerusakan arsitektural tetapi bukan kerusakan structural.
3. Ketika terjadi gempa kuat, diperbolehkan terjadi kerusakan structural dan non structural. Namun kerusakan terjadi tidak boleh menyebabkan bangunan runtuh.

2.2 Struktur Rangka Baja Tahan Gempa

Terdapat beberapa jenis portal baja tahan gempa, secara umum terdapat dua jenis portal baja tahan gempa yaitu *Braced Frame* dan *Momen Resisting Frames*.

Masing-masing jenis ini memiliki karakteristik yang berbeda.

2.1 Spesial Momen Frames (SMF)

Sistem rangka pemikul momen mempunyai kemampuan menyerap energi yang baik, tetapi memerlukan adanya simpangan antar lantai yang cukup besar supaya timbul sendi-sendi plastis pada balok yang akan menyerap energi gempa.

2.2 Concentrically Braced Frames (CBF)

Concentrically Braced Frames (CBF) adalah system yang tidak sama seperti *Spesial Momen Frame* (SMF) system ini memiliki penahan gaya lateral dengan karakteristik kekakuan elastic yang tinggi. Kekakuan yang tinggi diperoleh dari diagonal brace yang menahan gaya lateral pada struktur frame yang meningkatkan aksi gaya dalam aksial dan aksial lentur yang kecil.

2.2 Eccentrically Braced Frames (EBF)

Sistem struktur EBF merupakan struktur baja penahan gaya lateral yang merupakan gabungan antara konsep daktilitas dan disipasi energi yang baik dari desain *Spesial Momen Frames* (SMF) dengan karakteristik kekakuan elastic yang tinggi dari desain *Concentrically Braced Frames* (CBF). EBF mengkombinasikan banyak keuntungan individu dari system kerangka konvensional, secara spesifik, EBF memiliki elastisitas tinggi, respons inelastic stabil pada muatan lateral siklis, daktilitas dan kapasitas disipasi energi yang besar (Bruneau, 1998).

Konsep desain EBF sederhana dengan membatasi aksi inelastis pada link, dan mendesain kerangka disikat link untuk mempertahankan tegangan maksimum yang dapat diberikan oleh link. Desain menggunakan strategi ini harus memastikan bahwa link bertindak sebagai sekering seismic ductile dan melindungi integritas dari kerangka seismic di sekitarnya. Elemen link merupakan konsep utama sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen

lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastic. Kelelahan yang terjadi pada lemen link dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini tergantung pada Panjang link tersebut.

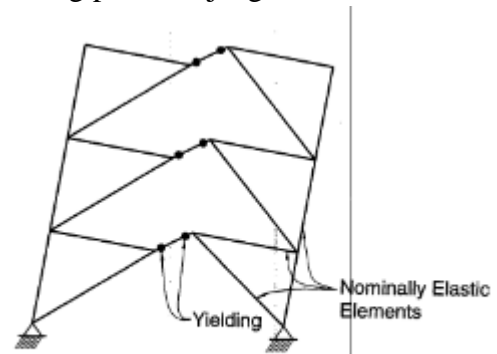


Figure 1-5. Ductile EBF

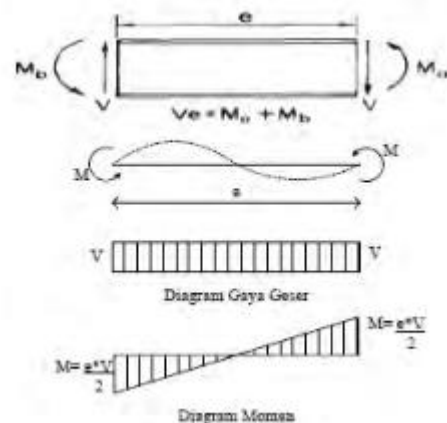
Gambar 2.1 Eccentrically Braced Frames (EBF)

(Sumber : AISC Seismic Design Manual)

2.3 Perilaku Link Beam

2.3.1 Kuat elemen Link Beam

Link beam merupakan elemen balok pendek yang direncanakan mengalami kelelahan lebih awal pada saat berkerjanya beban lateral pada struktur. Pada bagian link ini berkerja gaya geser (*shear*) pada kedua ujung link dengan besar yang sama dan arah yang berlawanan. Gaya geser yang berkerja tersebut mengakibatkan momen pada kedua



ujung link dengan besar dan arah yang sama.

Gambar 2.2 Gaya yang berkerja pada link

(Sumber: Engelhart dan Popov, 1988; Becker dan M. Isler, 1996)

Pemeriksa kelangsingan penampang Link

Untuk sayap :

$$\lambda r = 0,30 \sqrt{\frac{E}{fy}} \quad (2.35)$$

Untuk badan :

$$\lambda r = 1,12 \sqrt{\frac{E}{fy}} \left(2,33 - \frac{Pu}{\phi_b P_y} \right) > 1,49 \sqrt{\frac{E}{fy}} \quad (2.36)$$

2.3.2 Panjang elemen Link Beam

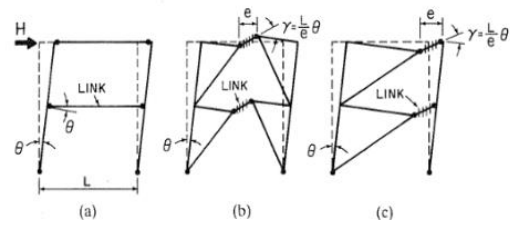
Link beam berkerja sekering gempa yang bersifat daktail, menyerap energi gempa yang masuk kedalam bangunan. Panjang dari elemen link akan menentukan mekanisme leleh dan kegagalan ultimate yang terjadi pada elemen link. Secara umum terdapat 2 jenis link berdasarkan Panjang linknya, yaitu link geser (short link) dan link lentur (long link). . Ketentuan mengenai Panjang link menurut SNI 03-1729-2015 adalah sebagai berikut :

- Link geser (Short links) : $e \leq \frac{1,6Mp}{vp}$ (2.7)
- Link mediu (intermediate links) : $\frac{1,6Mp}{vp} \leq e \leq \frac{2,6Mp}{vp}$ (2.8)
- Link lentur (short links) $e \geq \frac{2,6Mp}{vp}$ (2.9)

2.3.3 Sudut Rotasi Link Beam

Sudut rotasi link beam adalah sudut inelastic antara link beam dan balok di samping link Ketika besarnya total story drift sama dengan besarnya desai story drift, Δ . Sudut rotasi link beam seharusnya tidak melebihi nilai berikut :

- 0,08 radian untuk Panjang link $e \leq \frac{1,6Mp}{vp}$
- 0,02 radian untuk Panjang link $e \geq \frac{2,6Mp}{vp}$
- Interpolasi linier antara 0,08-0,02 radian jika panjang link $\frac{1,6Mp}{vp} \leq e \leq \frac{2,6Mp}{vp}$



Gambar 2.3 Sudut Rotasi Link beam (Sumber: Engelhart dan Popov, 1988)

2.4 Bresing

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 .

Untuk kontrol penampang pada bresing menggunakan :

- Sayap (flens)

$$\lambda p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

- Badan (web)

$$\lambda p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

2.5 Analisa Pembebanan

Struktur baja harus mampu menahan semua beban kombinasi berdasarkan peraturan SNI-1727-2012 yang berlaku tentang beban minimum perencanaan bangunan gedung dan struktur lain, maka digunakan kombinasi pembebanan sebagai berikut :

- 1.4 DL
- 1.2 DL + 1.6 LL
- 1.2 DL + 0.5 LL + 1 E
- 0.9 DL + 1 E

2.5.1 Pembebanan

Beban Mati

Steel deck	= 10	= 10.1	kg/m ²
Plumbing	= 1x10	= 10	kg/m ²
Spesi (3cm)	= 21 x 3	= 63	kg/m ²
Keramik	= 1 x 24	= 24	kg/m ²
Plafon	= 1 x 18	= 18	kg/m ²
ME	= 1 x 15	= 15	kg/m ²

Beban Hidup = 140,1 kg/m² Bangunan Gedung dan non Gedung
 = 400 kg/m² pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu perencanaan factor keutamaan Ie. Gedung ini direncanakan sebagai fasilitas Pendidikan. Pada table 1 SNI 1729 2012 bangunan ini termasuk kategori IV sehingga nilai I = 1,5.

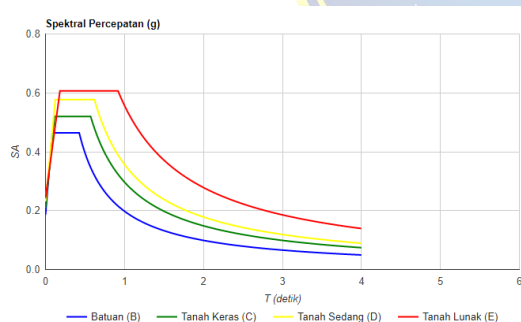
2.5.2 Beban Gempa

Pada struktur Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Jember ini mempunyai jumlah lantai 6 dengan ketinggian 25 m. perhitungan beban gempa gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh beban gempa dinamik sesuai SNI 1729 2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

1. Parameter Respon Spektrum Rencana

Variabel	Nilai
S_S (g)	0,695
S_1 (g)	0,297
F_A	1,122
F_V	1,503
S_{MS} (g)	0,78
S_{M1} (g)	0,446
S_{DS} (g)	0,520
S_{D1} (g)	0,297

Tabel 2.1 Parameter Respons Gempa Wilayah Jember Kelas Situs SC (Tanah Keras)



Gambar 2.4 Grafik Respon Spektrum

2. Kategori Desain Seismik (KDS)

Menentukan nilai KDS berdasarkan desain seismik parameter respon pada periode pendek.

Karena nilai S_{DS} lebih dari 0,50 dan kategori resiko IV maka untuk KDS termasuk KDS D.

3. Faktor Keutamaan I

Untuk berbagai resiko struktur

4. Faktro Reduksi Gempa (R)

Pada tugas akhir ini, Gedung laboratorium direncanakan menggunakan system rangka baja dengan system eksentris.. Berdasarkan table 9 SNI 03-1726-2012 diperoleh nilai-nilai Batasan yaitu :

Sistem Rangka Bangunan	R^d	Ω_0	C_d^b	B	C	D	E	F
Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30

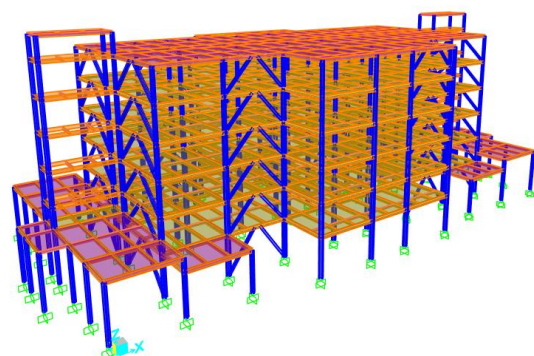
3. METODOLOGI PENELITIAN

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.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Struktur



Gambar 4.1 Pemodelan Struktur 3 dimensi menggunakan SAP2000

1. Kontrol Periode Getar Alami Fundamental

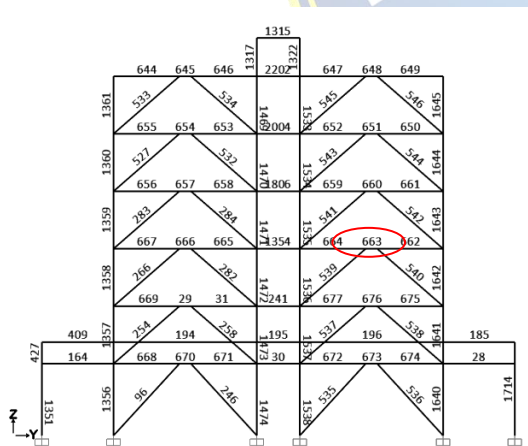
Dari hasil Analisa program bantu SAP 2000 di bawah didapat $T_1 = 1,009$ s dan $T_2 = 0,855$ s. Maka berdasarkan control waktu getar nilai T masih lebih kecil dari $C_u \times T = 1,344$ s. Jadi analisis Gedung Labolatorium Fakultas Teknik Universitas Jember memenuhi syarat SNI 1729:2012 Pasal 7.8.2.

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

4.2 Perencanaan Link Beam

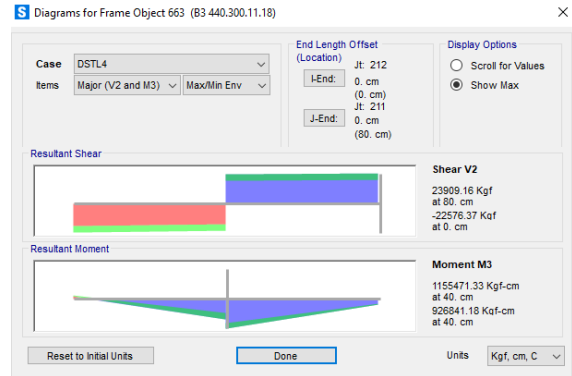
Pada perhitungan link arah y dipilih pada objek frame 663 sesuai portal berikut.



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

- Mu = 1155471 kg.cm
- Vu = 23909 kg
- Pu = 1420 kg

$\Delta e = 3,4$ mm



a. Kontrol penampang Sayap (flens)

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

$$= 0,30 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 8,49$$

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

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

Badan (web)

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

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

$$0,048 < 0,125$$

$$\lambda_{ps} = 3,14 \sqrt{\frac{E}{f_y} (1 - 1,54 C_a)}$$

$$= 85,50 > 32,36 \quad (\text{Ok})$$

b. Kontrol geser

$$0,15 P_y = 0,15 \cdot f_y \cdot A_g$$

$$= 0,15 \cdot 2500 \cdot 157,4$$

$$= 59025 \text{ kg} > 1420 \text{ pengaruh kuat}$$

geser diabaikan

$$V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot w \cdot A_w$$

$$A_w = (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w$$

$$= (44 - 2 \cdot 1,8) \cdot 1,1$$

$$= 44,44$$

$$V_p = 0,6 \cdot 2500 \cdot 44,44$$

$$= 66660 \text{ kg}$$

$$M_p = f_y \cdot Z_x$$

$$= 2500 \cdot 2728$$

$$= 6820000 \text{ cm}$$

$$2M_p/e = (2 \cdot 6820000) / 80$$

$$= 170500 \text{ kg}$$

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

C. Kontrol sudut rotasi link

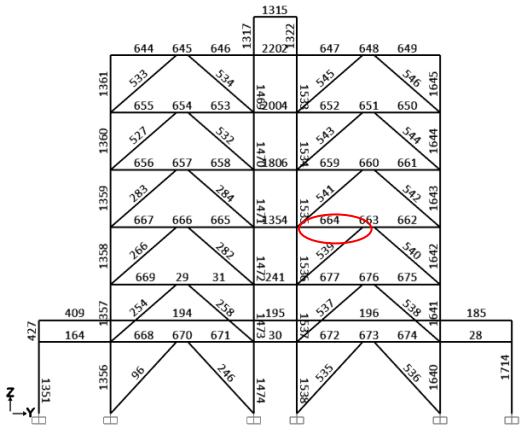
$$1,6M_p/V_p = 163,696 \text{ cm}$$

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

$e = 80 \text{ cm} < 1,6M_p/V_p$
 Maka $\alpha \text{ maks} = 0,08 \text{ rad}$
 $\Delta = Cd. \Delta e = 13,6 \text{ mm}$
 $\alpha = \left(\frac{L}{e}\right) \cdot \phi = 0,04 < \alpha \text{ maks (Ok)}$

4.3 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 .

$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n$
 $V_n = \text{Kuat geser nominal link, diambil yang terkecil dari } V_p \text{ atau } 2M_p/e$
 $V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w$
 $= 0,6 \cdot 2500 \cdot (44 - 2 \cdot 1,4) \cdot 1,1 = 666600 \text{ kg}$
 $2 \cdot M_p / e = 170500 \text{ kg}$

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

a. Kontrol penampang Sayap (flens)

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

$\lambda_f = \frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{300}{2 \cdot 18} = 8,33$
 $\lambda_f < \lambda_p \text{ (Ok)}$

Badan (web)
 $\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{356}{11} = 32,36$

$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,3$
 $\lambda_w < \lambda_p \text{ (Ok)}$

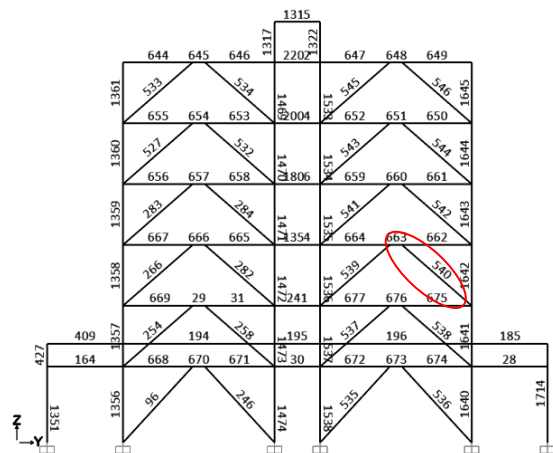
b. Kapasitas momen penampang
 Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$
 $M_n = Z_x \cdot f_y$
 $= 6820000 \text{ kg.cm}$
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 6820000 = 6138000 \text{ kg.cm}$

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
 $\frac{M_u}{\phi \cdot M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi \cdot V_n} \leq 1,375$
 $0,89 \leq 1,375 \text{ (Ok)}$

4.4 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 $2M_p/e$

$$V_p = 0,6 \cdot f_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = 0,6 \cdot 2500 \cdot (30 - 2 \cdot 1,5) \cdot 1 = 40500 \text{ kg}$$

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

V_n 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)

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

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

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

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 :

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

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

$$P_{max} = 1,1 \cdot R_y \cdot f_y \cdot A_g / \phi_c = 675945,38 \text{ kg}$$

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

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

c. Check shear strength

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

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

$$C_v = 1,0$$

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

4.5 Perencanaan Balok

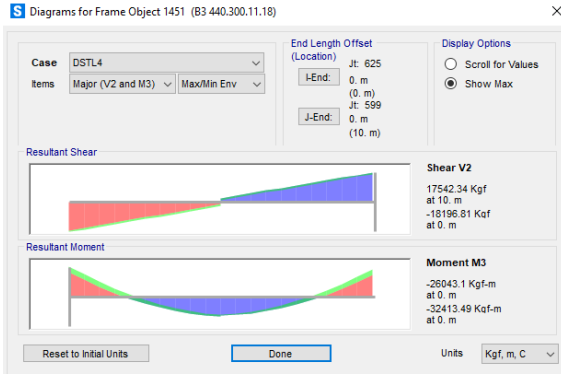
	2264	2246	2247	2248	2270	
1331	2066	2048	2049	2050	2072	1695
1332	1868	1850	1851	1852	1874	1696
1333	1582	1449	1450	1451	1595	1697
1334	319	301	302	303	325	1698
1335	178	113	114	115	160	1699
1336						1700

Pada balok induk pada objek 1451 direncanakan menggunakan profil WF 440.300.18.11

Dari hasil analisis SAP :

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

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



4.5 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 Untuk sayap (Flens)

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

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

$$\lambda_f < \lambda_p$$

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

Merupakan penampang kompak Untuk badan (web)

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

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

$$\lambda_w < \lambda_p$$

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

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

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

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

$$C_v = 1,0$$

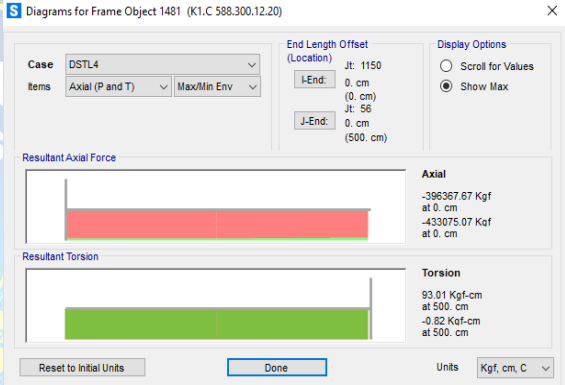
$$\phi \cdot V_u = 726000 > 18196 \quad (\text{Ok})$$

d. Kontrol lendutan

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

$$\Delta_{hitung} = 2,65$$

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



a. Kontrol penampang profil Untuk sayap (flens)

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

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

$$\lambda_f < \lambda_p$$

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

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

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

$$= 241,63 \times 302$$

$$= 729727 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\emptyset.P_n &= 0,9 \times 729727 \\ &= 656754,3 \text{ N} \\ \frac{P_u}{\emptyset.P_n} &= \frac{422640}{656754,3} \\ &= 0,66 > 0,2\end{aligned}$$

Kontrol tekan – lentur

$$\frac{P_u}{\emptyset.P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{ux}}{\emptyset b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\emptyset b M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

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

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)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. 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 $\emptyset 10 - 125$ ($A_s = 5,71 \text{ cm}^2$) dan Tulangan atas $\emptyset 8 - 200$ ($A_s = 2,51 \text{ cm}^2$).
 - c. Pelat lantai memiliki ketebalan 12 cm dan dipasang tulangan Tulangan atas $\emptyset 10 - 125$ ($A_s = 5,71 \text{ cm}^2$) dan Tulangan atas $\emptyset 8 - 200$ ($A_s = 2,51 \text{ cm}^2$).
 - 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.

1. Hasil perhitungan struktur primer :

- g. *Link* arah X dan Y merupakan link pendek dengan panjang *link* 80 cm.
- h. Dimensi link dan balok diluar link arah X dan Y menggunakan profil WF 440.300.11.18 dan menggunakan mutu baja BJ41.
- i. Dimensi bressing arah X dan Y menggunakan profil lantai WF 300.300.10.15 dan menggunakan mutu baja BJ41.
- j. Dimensi balok induk menggunakan profil WF 440.300.11.18 dan menggunakan mutu baja BJ41.
- k. 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.

5.2. Saran

Diharapkan dilakukan studi yang mempelajari struktur baja tahan gempa karena struktur baja tahan gempa sangatlah sedikit di Indonesia, sehingga kedepannya dapat dimanfaatkan sebagai pilihan untuk bangunan bertingkat tinggi dan gempa kuat.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. *Buku Baja Metode LRFD*, Agus Setiawan. (n.d.).
2. SNI-1729. (2015). *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural Badan Standardisasi Nasional*.
2. 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). *P*

