

EVALUASI STRESS RATIO DENGAN METODE PANJANG EFEKTIF DAN METODE PERENCANAAN LANGSUNG PADA PORTAL GABLE

Arif Aryadhana Sugawa

Ronny Pandaleke, Banu Dwi Handono

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: arif.sugawa95@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan kode atau peraturan senantiasa berubah seiring perkembangan penelitian dan teknologi. Standart desain stabilitas struktur baja yang dulunya dipakai Metode panjang efektif pada SNI 2002 sekarang telah dipindahkan dibagian lampiran SNI 2015 yang mana telah digantikan dengan Metode perencanaan langsung sebagai desain stabilitas yang utama. Metode panjang efektif mengharuskan perencanaan untuk mencari panjang efektif K untuk elemen bangunan serta analisisnya masih orde pertama untuk faktor amplikasi efek P -delta. Metode perencanaan langsung mengidentifikasi nilai $K=1$ untuk semua perilaku struktur serta analisa P -delta menggunakan second-order pada komputer. Pada tulisan ini maka dievaluasi stress ratio pada Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung untuk tipe struktur portal gable kemudian dicari nilai perbandingan stress ratio dari kedua metode. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil stress ratio perencanaan Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung sehingga dapat dipilih metode yang lebih efektif dan efisien khususnya pada portal gable. Perbandingan stress ratio yang diperoleh dari kedua metode terdapat perbedaan 0,107-7,222 %. Perbedaan proses perencanaan kedua metode menunjukkan metode perencanaan langsung lebih unggul dibandingkan metode panjang efektif karena proses analisa yang lebih cepat.

Kata kunci : Metode panjang efektif, Metode perencanaan langsung, Stress Ratio

PENDAHULUAN

Latar belakang

Perkembangan kode atau peraturan perencanaan desain untuk stabilitas struktur baja telah berubah dari Metode panjang efektif menjadi Metode perencanaan langsung. Meskipun Metode perencanaan langsung menjadi yang utama dalam perencanaan stabilitas, Metode panjang efektif dapat dipakai hanya saja dipindahkan pada bagian Lampiran 7 di SNI-1729-2015 *Spesifikasi Untuk Bangunan Baja Struktural*. Walaupun telah dipindahkan ke bagian lampiran para praktisi juga harus mengetahui keunggulan dan kekurangan dari masing-masing metode sehingga dapat mengambil keputusan metode perencanaan yang tepat untuk memberikan solusi dan keuntungan.

Metode perencanaan langsung mengatasi keterbatasan analisa struktur elastik yang tidak bisa mengakses stabilitas. Dengan memakai Metode perencanaan langsung pengaruh pembebanan struktur dapat ditentukan teliti karena telah memasukan faktor Ketidaktepatan geometry dan reduksi kekuatan selama proses analisa struktur. Kode

desain yang terbaru ini juga memberikan dampak keuntungan bagi para praktisi dalam hal mendesain karena memberikan kecepatan dan ketepatan analisa yang mendekati sifat alami struktur dilapangan.

Cara perencanaan yang lama atau Metode panjang efektif didasarkan atas analisa struktur elastik-linear. Metode perencanaan langsung tidak ada pembatas, sehingga cocok digunakan untuk perancangan struktur baja modern, yang pada umumnya langsung akibat proses optimasi atau mengikuti estetika bangunan.

Model struktur yang dulunya harus diklasifikasikan menjadi dua kategori dengan nilai K yaitu : Rangka tidak-bergoyang : $0.5 \leq K \leq 1.0$ dan Rangka Bergoyang : $1.0 \leq K \leq \infty$. parameter ini harus ditentukan oleh para praktisi dengan menganalisis perilaku struktur ketika terjadi pembebanan, tentu hal ini mempunyai ketelitian tergantung dari engineering judgment para praktisi dalam menilai deformasi struktur saat terjadi tekuk untuk menentukan nilai K , Belum lagi jika kondisi model struktur yang rumit atau yang dikatakan besar dan kompleks tentu menjadi kendala waktu bagi praktisi dalam hal merumuskan dan merencanakannya. Terdapat pula

cara manual lain untuk menentukan nilai K. Pada portal yang umum dipakai Aligment Chart. Menggunakan Aligment Chart sebagai penentu nilai K saat ini sudah tidak relevan lagi karena praktisi harus memplotkan garis secara manual pada chart yang telah disediakan.

Metode perencanaan langsung pada batang tekan terkesan efisien karena nilai K cukup ditentukan $K=1$, tetapi efek P-delta pada perilaku struktur harus diperhitungkan.

Saat ini semakin banyaknya software rekayasa struktur yang berkembang di lingkungan praktisi teknik sipil, memudahkan kendala-kendala perhitungan yang dulunya sulit dan terkesan panjang karena manual, menjadi lebih mudah pada era komputer sekarang ini. Memakai bantuan software rekayasa struktur option P-delta dapat diaktifkan untuk diikuti pada perhitungan struktur. Dengan demikian hasil analisa Metode perencanaan langsung dapat valid.

Dalam skripsi ini penulis mengevaluasi cara baru yang telah menjadi standart nasional untuk perencanaan baja tekan di Indonesia. Menggunakan bantuan software SAP2000 penulis menganalisa perhitungan batang tekan pada struktur portal, kemudian mengevaluasi ratio kuat penampang dari perbandingan antara Metode perencanaan langsung dengan Metode panjang efektif. Tipe struktur yang dipakai dalam penelitian adalah portal gable. Diharapkan karya tulis ilmiah ini bisa menjadi referensi bagi para praktisi atau akademisi untuk lebih memahami kode atau peraturan yang tertera pada SNI sehingga dapat membantu proses perhitungan yang mana dianjurkan mengikuti aturan dan tata cara perencanaan desain yang standart saat ini.

Rumusan Masalah

Dalam mendesain batang tekan dan lentur struktur baja pengaruh stabilitas perlu diperhatikan. Kondisi imperfection pada kolom menyebabkan efek pembesaran momen mempengaruhi stabilitas struktur. Pada Metode panjang efektif stabilitas belum sepenuhnya ditinjau. Adanya ketidaklurusan elemen batang atau cacat bawaan akibat ketidak-sempurnaan geometri serta reduksi kekakuan belum diperhitungkan pada Metode panjang efektif, sedangkan pada Metode perencanaan langsung telah ikut diperhitungkan pada analisis struktur.

Pengaruh tren modern pada bangunan struktur baja memberikan kesan kecil dan

langsing menyebabkan stabilitas harus diperhatikan dimana pengaruh deformasi menjadi signifikan.

Sehubungan dengan itu maka penulis mengadakan penelitian dan studi dengan judul “Evaluasi Stress Ratio Dengan Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung Pada Portal Gable”.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil stress ratio perencanaan dengan Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung sehingga dapat dipilih metode yang lebih efektif dan efisien khususnya pada portal gable.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi perbedaan proses perencanaan Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung pada portal gable. Serta sebagai acuan literatur bagi penelitian berikutnya khususnya terhadap stabilitas batang tekan berdasarkan standart SNI.

Batasan Masalah

1. Analisa struktur memakai program SAP2000.
2. Digunakan profil WF simetri ganda canai panas.
3. Profil pada kolom dan rafter digunakan WF 350x175x7x11 dan WF 400x200x8x13.
4. Variasi sudut rafter portal gable yaitu 10 derajat, 15 derajat, 20 derajat, 25 derajat, 35 derajat dan 45 derajat.
5. Interaksi antara rafter dan kolom pada portal gable, sambungan dianggap mampu menahan gaya yang terjadi.
6. Pembebanan sesuai standart SNI 1727:2013 *Beban Minimum Untuk Perencanaan Gedung dan Struktur lain. Pembebanan berupa beban mati, beban hidup dan beban angin.*
7. Mutu baja yang digunakan $F_y = 240$ MPa.
8. Desain kekuatan berdasarkan Desain Faktor Kekuatan dan Ketahanan (DFBK).

LANDASAN TEORI

Metode Perencanaan Langsung

Metode perencanaan langsung merupakan suatu metode untuk mengatasi keterbatasan analisa struktur elastik yang tidak dapat

memperhitungkan stabilitas secara langsung. Pengaruh efek orde kedua sudah diperhitungkan secara langsung sewaktu analisa struktur. Selain itu, pembebanan pada struktur dapat ditentukan lebih akurat karena pengaruh ketidaksempurnaan batang dan reduksi kekakuan sudah diperhitungkan selama proses analisa struktur. (Wiryanto Dewobroto, 2011)

Adanya cacat bawaan (initial imperfection) mengakibatkan efek *destabilizing*. Direct Analysis Method (AISC) atau Metode Perencanaan Lansung (SNI) dapat diselesaikan dengan dua cara, yaitu ; [1] cara pemodelan langsung cacat pada geometri model yang dianalisis, atau [2] memberikan beban notional (beban lateral ekivalen) dari sebagian prosentasi beban gravitasi (vertikal) yang bekerja.

Beban notional harus digunakan sebagai beban lateral pada semua level. Beban notional harus ditambahkan ke beban lateral lainnya dan harus digunakan pada semua kombinasi beban. Beban notional di atur pada peraturan SNI 2015 pasal C2-1.

$$N_i = 0.002 \alpha Y_i$$

Keterangan

$\alpha = 1.0$ (DFBK);

$\alpha = 1.6$ (DKI)

N_i = beban notional yang digunakan pada level I, Kips (N)

Y_i = beban gravitasi yang digunakan pada level i dari kombinasi beban DFBK atau kombinasi beban DKI, yang sesuai, kips (N).

Leleh setempat (partial yielding) akibat tegangan sisa pada profil baja (hot rolled atau welded) akan menyebabkan pelemahan kekuatan saat mendekati kondisi batasnya.

Suatu faktor penambah τ_b harus digunakan pada kekakuan lentur dari semua komponen struktur dimana kekakuan lenturnya berkontribusi terhadap stabilitas struktur.

a. Bila $\alpha Pr/Py \leq 0,5$

$$\tau_b = 1.0$$

b. Bila $\alpha Pr/Py > 0,5$

$$\tau_b = 4(\alpha Pr/Py)[(1-\alpha Pr/Py)]$$

dimana

$$P_y = F_y \cdot A_g$$

Keterangan

$\alpha = 1,0$ (DFBK)

Pr = kekuatan tekan aksial-perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, (N)

P_y = kekuatan leleh aksial (N)

Metode Panjang Efektif

Fungsi utama konsep “panjang efektif kolom” adalah menghubungkan “kolom terisolasi” yang menjadi dasar pembuatan kurva kapasitas kolom kepada sistem struktur secara keseluruhan. Pada kolom yang terisolasi maka sebenarnya cara ELM dan cara DAM yang terdapat pada AISC (2010) adalah sama saja. Perbedaan baru timbul ketika itu dikaitkan dengan adanya elemen-elemen struktur rangka yang lain.

Panjang efektif dicari dengan cara menghitung nilai G_A dan G_B terlebih dahulu. Dimana $G_A=1$ untuk perletakan jepit atau $G_A=10$ untuk perletakan sendi. G_B dicari dengan rumus

$$G = \frac{\sum (\frac{EI}{L})_c}{\sum (\frac{EI}{L})_g}$$

Dimana

I_c = Inersia kolom

L_c = Panjang kolom

I_g = Inersia rafter

L_g = Panjang rafter

Cara lain untuk menentukan panjang efektif tanpa menggunakan alignment chart dirumuskan oleh Dumoteil (1992) sebagai berikut.

Rangka tidak bergoyang ($0.5 \leq K \leq 1.0$), dengan rumus

$$K = \frac{3 G_A G_B + 1.4 (G_A + G_B) + 0.64}{3 G_A G_B + 2.0(G_A + G_B) + 1.28}$$

Rangka bergoyang (untuk $1.0 \leq K \leq \infty$) dengan rumus

$$K = \sqrt{\frac{G_A(1.6 G_B + 4.0) + (4G_B + 7.5)}{G_A + G_B + 7.5}}$$

Kuat Tekan Nominal

Tekuk ditentukan oleh kelangsingan elemen penampang dan bentuknya. Ada tiga perilaku tekuk, yaitu [1] tekuk lentur, [2] tekuk torsi, [3] tekuk lentur-torsi.

Tekuk Lentur

Kekuatan tekan nominal (P_n) harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur sebagai berikut

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

a. Bila $\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$)

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e} \right]$$

b. Bila $\frac{KL}{r} \geq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} \geq 2,25$)

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad F_{cr} = 0.877 F_e$$

Keterangan

E = modulus elastis baja = 200,000 MPa

F_y = tegangan leleh minimum, MPa

F_e = tegangan tekuk elastis, MPa

F_{cr} = tegangan kritis, MPa

K = faktor panjang efektif

L = panjang komponen struktur, mm

r = jari-jari girasi, mm

Tekuk Torsi

Fenomena tekuk selain lentur dapat juga terjadi torsi (tekuk torsi) atau gabungan keduanya yaitu tekuk lentur torsi. Perhitungan kapasitas nominal sama dengan tekuk lentur hanya saja tegangan tekuk elastis F_e dihitung sebagai berikut.

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + G J \right] \frac{1}{I_x + I_y}$$

Keterangan :

E = modulus elastis baja = 200,000 MPa

C_w = konstanta warping, mm⁴

K_zL = panjang tekuk efektif torsi, mm

G = modulus geser baja = 77,200 MPa

J = konstanta torsi, mm⁴

I_x, I_y = momen inersia, mm⁴

Kuat Lentur Nominal

Kekuatan lentur penampang WF simetri ganda harus diperiksa terhadap tiga kondisi yaitu [1] leleh, [2] tekuk torsi-lateral, [3] tekuk local sayap.

Kondisi batas terhadap Yielding (leleh)

$$M_n = M_p = Z_x \cdot F_y$$

Keterangan

M_n = kuat lentur nominal rafter, (Nmm)

M_p = momen lentur plastis, (Nmm)

F_y = kuat lentur minimum, (MPa)

Z_x = modulus plastis sb. kuat, mm³

Kondisi batas dari tekuk torsi-lateral

- (a) Bila $L_p \leq L_b$ keadaan batas dari tekuk torsi-lateral tidak boleh digunakan.

- (b) Bila $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

- (c) Bila $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x$$

Kondisi batas dari tekuk local sayap

- (a) Untuk penampang dengan sayap nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right)$$

- (b) Untuk penampang dengan sayap langsing

$$M_n = \frac{0.9 E K_c S_x}{\lambda^2}$$

Keterangan

$\lambda = \frac{b}{2.t_f}$ adalah rasio lebar tebal pada profil I ganda

$\lambda_{pf} = \lambda_p$ adalah batasan kelangsingan untuk sayap kompak.

$\lambda_{rf} = \lambda_r$ adalah batasan kelangsingan untuk sayap non kompak.

$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$ dan tidak boleh diambil lebih kecil dari 0.35 maupun lebih besar dari 0.76 untuk tujuan perhitungan.

Portal Terhadap Kombinasi Aksial-Momen

Rasio tegangan antara kolom-rafter telah dirumuskan di SNI 2015 sebagai berikut

- (a) Bila $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$ maka :

$$\frac{P_u}{\Phi_n P_n} + \frac{8}{9} \frac{M_u}{\Phi_b M_n} \leq 1$$

- (b) Bila $\frac{P_r}{P_c} \leq 0.2$ maka :

$$\frac{P_u}{2\Phi_n P_n} + \frac{M_u}{\Phi_b M_n} \leq 1$$

Keterangan:

P_u = kuat aksial perlu elemen struktur, hasil analisa struktur rangka secara menyeluruh (global).

ΦP_n = kuat rencana elemen struktur sebagai batang tarik atau tekan.

M_u = kuat lentur elemen struktur, hasil analisa struktur rangka secara menyeluruh (global).

ΦM_n = kuat rencana elemen struktur sebagai rafter lentur.

Faktor pembesaran momen

Kekuatan lentur orde kedua yang diperlukan, M_r, dan kekuatan aksial, P_r, dari semua

komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = B_1 P_{nt} + B_2 P_{lt}$$

Keterangan

- B₁ = faktor pengali untuk memperhitungkan efek P-δ terhadap momen pada elemen struktur yang titik nodalnya tidak mengalami perpindahan.
- B₂ = faktor pengali untuk memperhitungkan efek P-δ terhadap momen pada elemen struktur yang titik nodalnya mengalami perpindahan (bergoyang).
- M_{nt} = kuat lentur perlu elemen, hasil analisis struktur elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya tidak mengalami perpindahan lateral (atau rangka tidak bergoyang).
- M_{lt} = kuat lentur perlu elemen, hasil analisis struktur elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya mengalami perpindahan lateral (atau rangka bergoyang).
- P_r = kuat aksial perlu elemen, hasil analisis struktur yang telah memperhitungkan efek orde ke-2 atau efek P-Δ pada rangka secara menyeluruh.
- P_{nt} = kuat aksial perlu elemen, hasil analisis elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya tidak mengalami perpindahan lateral (atau rangka tidak bergoyang).
- P_{lt} = kuat aksial perlu elemen, hasil analisis elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya mengalami perpindahan lateral (atau rangka bergoyang).

Faktor B1 untuk P-δ (di elemen)

Faktor B1 adalah faktor pengali untuk pembesaran momen untuk mengantisipasi terjadi P-δ atau efek orde ke-2 pada elemen langsing, sebagai berikut.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1$$

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

Keterangan

- α = 1.0 jika digunakan ketentuan LRFD,
- C_m = koefisien untuk elemen yang tidak Bergoyang.

Faktor B2 untuk P-Δ (di struktur)

Pengali B₂ untuk setiap tingkat dan setiap arah dari translasi lateral dihitung sebagai berikut:

$$B_2 = \frac{1}{1 - \alpha \frac{P_{story}}{P_{e story}}} \geq 1$$

$$P_{e story} = R_m \frac{H \cdot L}{\Delta_H}$$

$$R_m = 1 - 0.15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right)$$

Keterangan

- α = 1.0 jika digunakan ketentuan LRFD, nilainya 1.0 karena sudah pada level kondisi batas.
- P_{story} = total beban vertical yang didukung pada tingkat tersebut berdasarkan ketentuan beban LRFD, yang terjadi termasuk beban pada kolom yang tidak termasuk pada system struktur penahan lateral, (N).
- P_{e story} = kuat tekuk kritis elastis pada tingkat dalam arah yang ditinjau (N).
- P_{mf} = beban vertical total pada kolom pada tingkat yang merupakan bagian rangka momen (Portal), jika ada, pada arah translasi yang ditinjau (=0 untuk system rangka berbreis).
- L = tinggi tingkat (mm).
- H = gaya geser tingkat, arah translasi yang ditinjau hasil dari gaya lateral sewaktu menghitung Δ_H
- Δ_H = drift antar tingkat hasil analisis elastis-linier, pada arah yang ditinjau akibat beban lateral (mm/mm).

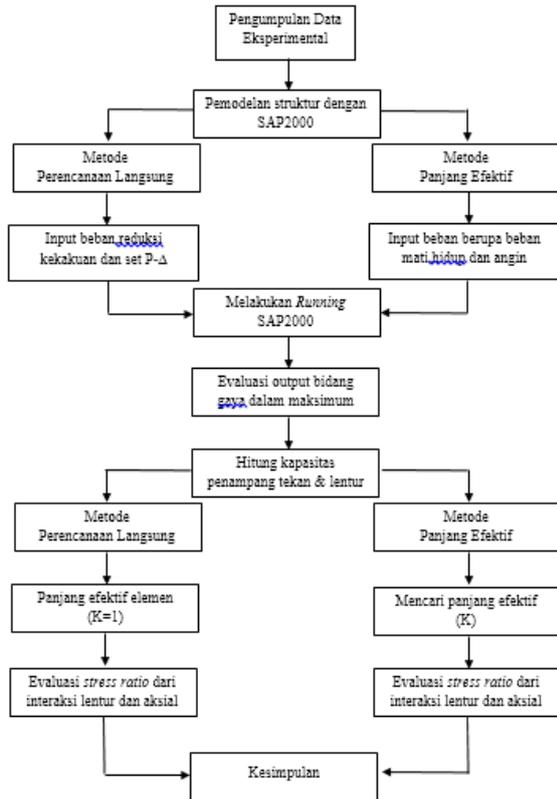
METODOLOGI PENELITIAN

Data Struktur

- Model struktur : Portal gable
- Panjang bangunan : 6 x 6 m
- Lebar bangunan : 24 m
- Tinggi kolom : 6 m
- Profil penampang Kolom
 - WF 350x175x7x11
 - WF 400x200x8x13
- Profil penampang Rafter
 - WF 350x175x7x11
 - WF 400x200x8x13
- Profil gording
 - LC 150x50x20x2.3
- Jenis atap : Spandex
- Mutu baja : BJ37

- Beban hidup : 20 Kg/m²
 Beban mati
- Dead load : Berat sendiri struktur
 - Super Dead : 11 Kg/m² (atap)
 - Wind : 85 Mph

Diagram Alir Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian didapat stress ratio dari Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung pada portal gable menggunakan profil WF 350x157x7x11 dan WF 400x200x8x13. Hasil perhitungan dapat dilihat di table.

Tabel 1. Evaluasi stress ratio Metode panjang efektif pada kolom WF 350x175x7x11

Kolom						
Sudut	k	P _u (N)	M _u (N-mm)	ΦP _n (N)	ΦM _n (N-mm)	Stress Ratio
10	1.474	24911.3	115385435.1	277400.9	181622952	0.6802
15	1.478	25845.7	77094581.9	277311.6	181622952	0.4711
20	1.484	53276.3	112920869.8	277183.9	181622952	0.7178
25	1.496	61087.3	178823395.7	276953.6	181622952	1.0958
35	1.517	73575.7	183760456.3	276539.7	181622952	1.1654
45	1.553	88387.0	162964872.9	275840.1	181622952	1.1180

Tabel 2. Evaluasi stress ratio Metode perencanaan langsung pada kolom WF 350x175x7x11

Kolom					
Sudut	P _u (N)	M _u (N-mm)	ΦP _n (N)	ΦM _n (N-mm)	Stress Ratio
10	24904.8	115462589.0	290571	181622952	0.6786
15	25890.5	77378941.2	290571	181622952	0.4706
20	49806.3	105393563.0	290571	181622952	0.6660
25	60464.3	178350737.0	290571	181622952	1.0810
35	72597.9	183169664.0	290571	181622952	1.1463
45	86885.0	162527250.0	290571	181622952	1.0944

Tabel 3. Evaluasi stress ratio Metode panjang efektif pada rafter WF 350x175x7x11

Rafter					
Sudut	P _u (N)	M _u (N-mm)	ΦP _n (N)	ΦM _n (N-mm)	Stress Ratio
10	23078.6	107936304	265571.8	181622952	0.6377
15	46372.7	69256352.0	265251.3	181622952	0.4687
20	61291.4	94306159	264811	181622952	0.6930
25	54153.9	136699962.0	264066.1	181622952	0.8741
35	63664.5	127356368	262874	181622952	0.8655
45	72967.0	24337296.6	261223	181622952	0.3984

Tabel 4. Evaluasi stress ratio Metode perencanaan langsung pada rafter WF 350x175x7x11

Rafter					
Sudut	P _u (N)	M _u (N-mm)	ΦP _n (N)	ΦM _n (N-mm)	Stress Ratio
10	23143	108140952	269062	181622952	0.6384
15	46534.2	69742837	268649	181622952	0.4706
20	61373.2	94866861	268080	181622952	0.6932
25	53891.9	137055573	267110	181622952	0.8725
35	63269.9	127721233	265541	181622952	0.8634
45	72470.9	25286514.4	263332	181622952	0.3990

Table 5 Evaluasi stress ratio Metode panjang efektif pada kolom WF 400x200x8x13

Kolom						
Sudut	k	P _u (N)	M _u (N-mm)	ΦP _n (N)	ΦM _n (N-mm)	Stress Ratio
10	1.474	28533.8	121946379.6	378952	277765632	0.4767
15	1.478	29399.4	82622411.1	378828	277765632	0.3363
20	1.484	55355.8	114017496.9	378650	277765632	0.4836
25	1.496	65231.1	185022335.3	378330	277765632	0.7523
35	1.517	77954.2	189933564.6	377754	277765632	0.8142
45	1.553	93152.5	168769585.8	376776	277765632	0.7873

Table 6. Evaluasi stress ratio Metode perencanaan langsung pada kolom WF 400x200x8x13

Kolom					
Sudut	P _u (N)	M _u (N-mm)	ΦP _n (N)	ΦM _n (N-mm)	Stress Ratio
10	28529.9	122018764	396474	277765632	0.4753
15	29432.2	82815873	396474	277765632	0.3353
20	53654.4	110250624	396474	277765632	0.4646
25	64834.8	184714152	396474	277765632	0.7468
35	77345.6	189479736	396474	277765632	0.7797
45	92228.9	168398920	396474	277765632	0.7715

Table 7. Evaluasi stress ratio Metode panjang efektif pada rafter WF 400x200x8x13

Rafter					
Sudut	P_u (N)	M_u (N-mm)	ΦP_n (N)	ΦM_n (N-mm)	Stress Ratio
10	25356.6	114645769	361896	277765632	0.4478
15	48593.6	74955162	361415	277765632	0.3371
20	63839.3	100149709	360753	277765632	0.4490
25	57303.7	142959579	359628	277765632	0.5943
35	67149.5	133094063	357815	277765632	0.5730
45	76925.6	22797356	355282	277765632	0.2895

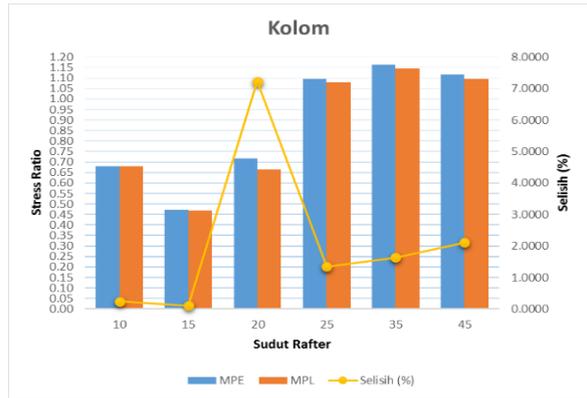
Table 8. Evaluasi stress ratio Metode perencanaan langsung pada rafter WF 400x200x8x13

Rafter					
Sudut	P_u (N)	M_u (N-mm)	ΦP_n (N)	ΦM_n (N-mm)	Stress Ratio
10	25432.5	114804389	367067	277765632	0.4480
15	48717.6	75288003	366462	277765632	0.3375
20	63878.3	100451579	365625	277765632	0.4490
25	57139.1	143124888	364191	277765632	0.5937
35	66904.3	133281200	361850	277765632	0.5723
45	76621	23319971	358513	277765632	0.2883

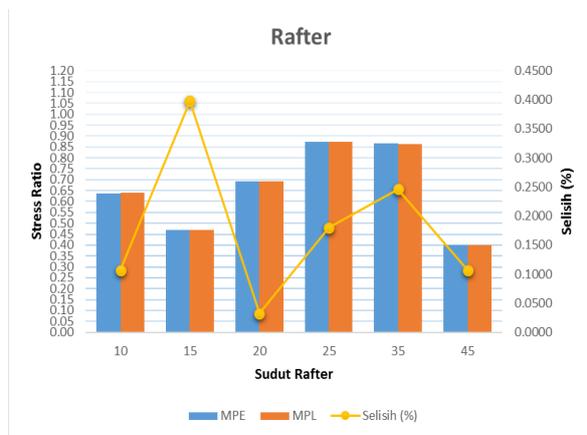
Hasil stress ratio dari kedua metode dihitung selisih antara stress ratio dari Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung untuk kolom dan rafter. Evaluasi stress ratio dari kedua metode seperti pada table 9 dan tabel 10.

Table 9. Evaluasi stress ratio Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung WF 350x175x7x11

Kolom			
Sudut	Metode panjang efektif	Metode perencanaan langsung	Selisih (%)
10	0.6802	0.6786	0.2384
15	0.4711	0.4706	0.1027
20	0.7178	0.6660	7.2222
25	1.0958	1.0810	1.3501
35	1.1654	1.1463	1.6393
45	1.1180	1.0944	2.1069
Rafter			
Sudut	Metode panjang efektif	Metode perencanaan langsung	Selisih (%)
10	0.6377	0.6384	0.1070
15	0.4687	0.4706	0.3981
20	0.6930	0.6932	0.0327
25	0.8741	0.8725	0.1805
35	0.8655	0.8634	0.2464
45	0.3984	0.3990	0.1070



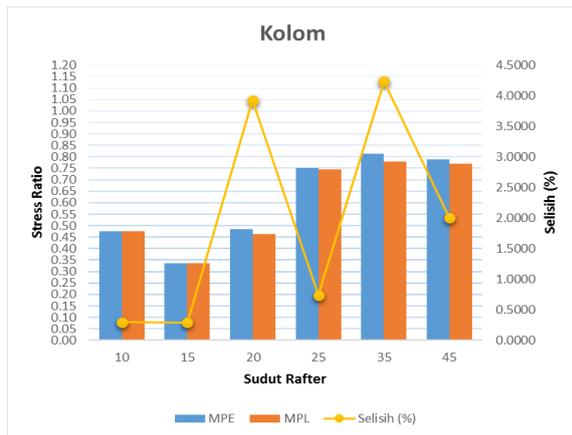
Grafik 1. Evaluasi stress ratio Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung pada kolom WF 350x175x7x11



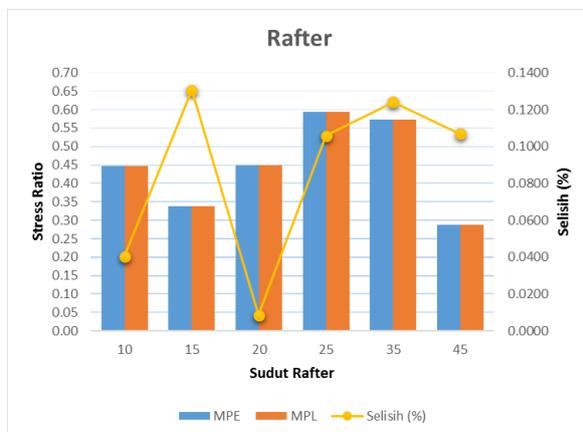
Grafik 2. Evaluasi stress ratio Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung pada rafter WF 350x175x7x11

Table 10. Evaluasi stress ratio Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung WF 400x200x8x13

Kolom			
Sudut	Metode panjang efektif	Metode perencanaan langsung	Selisih (%)
10	0.477	0.475	0.2954
15	0.336	0.335	0.2942
20	0.484	0.465	3.9276
25	0.752	0.747	0.7383
35	0.814	0.780	4.2347
45	0.787	0.772	2.0067
Rafter			
Sudut	Metode panjang efektif	Metode perencanaan langsung	Selisih (%)
10	0.4478	0.4480	0.0404
15	0.3371	0.3375	0.1307
20	0.4490	0.4490	0.0086
25	0.5943	0.5937	0.1058
35	0.5730	0.5723	0.1241
45	0.2883	0.2883	0.1070



Grafik 3. Evaluasi stress ratio Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung pada kolom WF 400x200x8x13



Grafik 4. Evaluasi stress ratio Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung pada rafter WF 400x200x8x13

Hasil penelitian yang dilakukan terhadap Metode panjang efektif dan Metode perencanaan langsung menunjukkan perbedaan yang signifikan di beberapa model. Perbedaan ini terjadi karena beberapa faktor sebagai berikut.

1. Pemodelan portal gable yang dilakukan dengan variasi sudut rafter memberikan variasi tegangan pada struktur. Variasi ini memberikan pembebanan dan stabilitas struktur yang berbeda-beda yang berdampak

pada kekuatan dan sifat mekanis struktur pada level elemen.

2. Pada sudut 10 derajat sampai 15 derajat mengalami beban angin hisap. Sudut 25 sampai 45 mengalami angin hisap dan tekan tetapi angin tekan yang dominan menyebabkan tegangan terbesar.
3. Perhitungan stabilitas yang dilakukan dengan cara lama yaitu metode panjang efektif dan cara baru yang direkomendasikan dengan metode perencanaan langsung terdapat perbedaan. Metode perencanaan langsung menggunakan komputer untuk menghitung efek P-delta sehingga bisa lebih cepat dan memberikan ketelitian yang baik karena proses analisa struktur untuk menghitung P-delta dimodelkan kemudian diiterasi secara langsung di SAP2000 sehingga hasil mendekati kondisi real dilapangan

PENUTUP

Kesimpulan

1. Pada beberapa kasus stress ratio yang ditunjukkan dari kedua metode terdapat selisih yang signifikan karena perbedaan proses analisis kedua metode. Perbedaan ini diakibatkan oleh nilai panjang efektif (K) dan juga pendekatan efek P-delta pada struktur.
2. Perbedaan proses perencanaan kedua metode menunjukkan metode perencanaan langsung lebih unggul dibandingkan metode panjang efektif karena proses analisa yang lebih cepat.

Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk diperoleh kajian yang lebih luas. Pengembangan itu dapat berupa.

1. Model struktur dapat divariasikan berupa portal gable yang multi-frame.
2. Evaluasi stress ratio pada kedua metode juga dapat dikaji pada bangunan bertingkat banyak yang mana beban angin dan gempa menjadi besar.

DAFTAR PUSTAKA

- AISC. (2010).” *Specification for Structural Steel Building*”, American Institute of Steel Construction
- BSNI. (2015).” SNI 1729-2015 :*Spesifikasi untuk bangunan gedung baja structural*”, Dept. PUPR

- BSNI. (2013).” SNI 1727-2013 :*Beban minimum untuk perancangan struktur gedung dan lain*”, Dept. PU
- Dewobroto. (2013).”*Komputer Rekayasa Struktur dengan SAP2000*”, Lumina Press, Jakarta
- Dewobroto. (2015).”*Struktur Baja : Perilaku, Analisis & Desain*”, Lumina Press, Jakarta
- Setiawan, Agus (2008).” *Perencanaan struktur baja dengan metode LRFD*”, PT. Penerbit Erlangga, Semarang
- Segui. (2007).”*Steel Design 4th Ed*”, Cengage Learning, USA
- Salmon, C.G., John E. Johnson dan Faris A.Malhas.(2009).”*Steel Structures : Design and Behaviour 4th Ed*”, Pearson Education, Inc.
- Suroveck,S.E. and Zienmian, R.D. (2005), “*The Direct Analysis Method: Bridging the Gap from Linear Elastic Analysis to Advanced Analysis in Steel Frame Design*”, Structures Congress, New York, April 2005.