

# Perilaku Struktural *Gable Frame* Baja dengan Variasi Bentang, Jumlah Portal dan Kelas Situs pada Daerah Risiko Gempa Besar

K. Sulendra<sup>a\*</sup>, H. Listiawaty<sup>a</sup> dan M. Sutrisno<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km 9, Palu 94118, Indonesia

\*Corresponding author's e-mail: [ketutsulendra5@gmail.com](mailto:ketutsulendra5@gmail.com)

Received: 10 October 2023; revised: 6 February 2024; accepted: 8 June 2024

**Abstract:** Limited land area and cross-sectional of steel profiles make planners have to choose the type of structure that is effective and efficient. Variations in the type of subgrade during an earthquake will give a different response to the structure which ultimately determines the dimensions of the structural elements. This study aims to determine the behavior of *gable frame* structures with variations in spans, number of portals and site classes. Modeling is done with variations of portal spans of 8, 24, and 30 m. The second variation is the number of portals, namely 1, 2 and 3 portals with a span of 24 m. The 3rd variation is in the form of class sites (hard, medium and soft soil) with a span of 2x24 m. The behavior analyzed is the base shear force, roof displacement and the demand to capacity ratio of the column and rafter. The 18 m span uses the IWF profile 200x150x6x9, the 24 m span uses the 300x150x6.5x9 profile and the 30 m span uses the 350x175x9x12 profile. The ratio of demand to capacity respectively for the column structure is 0.1909; 0.2560 and 0.2494 for spans of 18, 24 and 30 m. In the variation of the number of portals, it was found that designs 1, 2 and 3 had a Demand-Capacity Ratio value of 0.687 for rafters; 0.639 and 0.638 while in the column obtained respectively 0.713; 0.873 and 0.915. The design of the number of portals 1, 2 and 3 has a maximum deviation value of 68,699; 78,364 and 82,462 mm. In terms of serviceability, it shows a larger deviation and increases its capacity in resisting bending and compression. The results of the analysis of the 3 models with variations in soil sites show that hard soil, medium soil and soft soil have base shear force values of 205,163 kN, 337,883 kN, and 269,899 kN and the maximum deviation at the top of the building is 61,981 mm, 102,079 mm, and 37,642 mm.

**Keywords:** *gable frame, portal spans, number of portals, sites class, structural behavior*

**Abstrak:** Keterbatasan luas lahan dan penampang profil baja menjadikan perencana harus memilih jenis struktur yang efektif dan efisien. Variasi jenis tanah dasar pada saat gempa akan memberikan respons yang berbeda pula pada struktur yang pada akhirnya menentukan dimensi elemen strukturnya. Penelitian ini bertujuan mengetahui perilaku struktur *gable frame* dengan variasi bentang, jumlah portal dan kelas situs. Pemodelan dilakukan dengan variasi bentang portal 18, 24, dan 30 m. Variasi kedua berupa jumlah portal yaitu 1, 2 dan 3 portal dengan bentang 24 m. Variasi ke 3 berupa kelas situs yaitu tanah keras, sedang dan lunak) dengan bentang 2x24 m. Perilaku yang dianalisis berupa gaya geser dasar, *displacement* atap serta *demand to capacity ratio* kolom dan *rafter*. Bentang 18 m menggunakan profil IWF 200x150x6x9, bentang 24 m menggunakan profil 300x150x6,5x9 dan bentang 30 m menggunakan profil 350x175x9x12. *Demand to capacity ratio* berturut-turut untuk struktur kolom adalah 0,191; 0,256 dan 0,249 untuk bentang 18 m, 24 m, dan 30 m. Pada variasi jumlah portal, diperoleh bahwa desain 1, 2 dan 3 memiliki nilai *Demand-Capacity Ratio* pada *rafter* berturut-turut 0,687; 0,639 dan 0,638 sedangkan pada kolom diperoleh berturut-turut 0,713; 0,873 dan 0,915. Desain jumlah portal 1, 2 dan 3 memiliki nilai simpangan maksimum yaitu 68,699 mm; 78,364 mm dan 82,462 mm. Dari segi kemampuan layanan menunjukkan simpangan yang lebih besar serta meningkatkan kapasitasnya dalam menahan lentur maupun tekan. Hasil analisa dari 3 permodelan dengan variasi situs tanah diperoleh bahwa tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak memiliki nilai gaya geser dasar yaitu 205,163 kN, 337,883 kN, dan 269,899 kN dan simpangan maksimum pada puncak bangunan yaitu 61,981 mm, 102,079 mm, dan 37,642 mm.

**Kata kunci:** *gable frame, bentang portal, jumlah portal, kelas situs, perilaku struktural*

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan struktur portal *gable* semakin meningkat di wilayah Kota Palu dan sekitarnya. Bangunan dengan daya tampung besar seperti gudang, lapangan *indoor*, toko, kantor dan lainnya di sekitar Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Palu bahkan sebelum penetapan IKN di Kalimantan Timur semakin besar. Struktur portal *gable* dengan bentuk sederhana dan struktur yang kuat menjadi salah satu solusinya. Ketersediaan lahan dengan variasi luas, jenis tanah dan kebutuhan tinggi ruang yang bervariasi membutuhkan alternatif desain struktur portal *gable* sesuai ketersediaan material profil baja serta kapasitas alat konstruksi di lapangan. Berdasarkan keterbatasan kondisi tersebut dilakukan alternatif desain terhadap variasi jarak

bentang, jumlah portal dan pengaruh kelas situs terhadap pembebanan gempanya.

Material baja memiliki beberapa kelebihan dibandingkan bahan lain yaitu: awet, kuat, homogen, tegangan tarik dan tekan yang seimbang, rasio kekuatan terhadap berat yang besar serta elemen-elemennya mudah disambung dengan berbagai alat sambung seperti baut dan las. Disamping kelebihan beberapa kelemahan material baja antara lain: mudah mengalami korosi, titik leleh sekitar 764° C dan relatif mahal serta memerlukan teknologi yang cukup tinggi dalam konstruksinya [1].

Penggunaan material baja karena memiliki tingkat elastisitas yang tinggi sehingga bisa menahan guncangan apabila sewaktu-waktu terjadi gempa dan beban dinamis lainnya. Gempa bumi merupakan fenomena alam berupa

getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat adanya pelepasan energi dari kerak bumi secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang *seismic* [2].

Sebelum tahun 2000an desain struktur baja mengacu pada code *American Institute of Steel Construction* (AISC) metode *Allowable Stress Design* (ASD). Ternyata ada juga *Allowable Strength Design* (ASD) yang mirip dengan *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) yang dipopulerkan di tahun 2000an ke atas. Secara garis besar ASD merupakan pembatasan tegangan ijin yang boleh terjadi pada suatu penampang struktur sedangkan LRFD merupakan reduksi kapasitas yang dimiliki oleh suatu penampang [3].

Pada struktur bangunan dengan sistem portal baja, elemen penyusunnya adalah: kolom, balok, join (sambungan) dan pelat dasar (*base plate*). Elemen-elemen tambahan antara lain: penopang (*hauncher*), pengaku local (*stiffner*), pengaku struktur (*bracer*), pelat penyambung dan kabel pengaku (skor angin). Penelitian dengan modifikasi perancangan gedung apartemen dengan struktur baja tahan gempa memiliki karakteristik struktur kolom harus lebih kuat dari elemen baloknya atau memenuhi filosofi *Strong Column-Weak Beam* [4].

Struktur bangunan Portal *Gable* terdiri dari beberapa portal melintang yang tidak tertumpu secara transversal, namun tertumpu secara longitudinal. Komponen utama portal terdiri dari kolom dan *rafter*, yang membentuk rangka portal, dan *bracing* longitudinal. Rangka ujung (*gable frame*) bisa berupa portal rangka atau susunan kolom dan *rafter* yang sudah diperkuat. Komponen sekunder menopang *cladding* terdiri dari rel samping untuk dinding dan *purlin* untuk atap. Komponen sekunder juga memainkan peran penting dalam menahan komponen utama menahan tekuk *out-of-plane*. Rangka portal merupakan rangka menerus dengan sambungan momen *resisting*. Sifat menerus dari rangka memberikan stabilitas *in-plane*, dan ketahanan terhadap gaya lateral. Stabilitas portal dan defleksi tergantung pada kekakuan elemennya. Elemen biasanya menggunakan profil gilss, dengan kekuatan *rafter* yang diperkuat secara lokal oleh penopang (*hauncher*) di tumpuan atap (*eave*), di mana momen lentur paling besar [5].

Sistem Rangka *Bresing Konsentrik* merupakan sistem struktur yang efisien dalam menahan gaya gempa lateral. Struktur tersebut dapat dikatakan efisien karena rangka dirancang untuk memiliki kekakuan aksial kolom dan bresing. Dengan adanya beban gempa lateral yang dapat terjadi dengan arah bolak-balik maka bresing akan mengalami gaya tarik atau tekan secara bergantian, sehingga bresing yang mengalami gaya tekan harus dirancang terhadap tekuk. Tekuk pada bresing diizinkan karena pelat buhul didesain dengan detail untuk dapat mengakomodasi

tekuk dengan arah sebidang pelat buhul maupun keluar bidang pelat buhul. Adapun dalam perencanaan struktur portal ini mengacu pada peraturan SNI 1729:2015 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural [6].

Dari berbagai jenis tanah dasar yang umum ditemukan di lapangan adalah tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras (situs C, D dan E). Kisaran nilai tegangan tanahnya berkisar antara 5-15 kg/cm<sup>2</sup>, 15-50 kg/cm<sup>2</sup> dan 50-150 kg/cm<sup>2</sup> pada setidaknya kedalaman 30 m. Perkuatan pada konstruksi struktur bangunan baja yang tahan terhadap gempa dapat dilakukan dengan menambah *bracing* antar kolom bangunan [7]. Penambahan *bracing* pada konstruksi struktur bangunan kerangka baja dapat memberikan *displacement* yang lebih kecil dibandingkan dengan tanpa *bracing* [8]. Elemen bresing berperilaku sebagai rangka batang yaitu hanya menerima gaya tarik atau tekan. [9]. Penelitian pengaruh *bracing* terhadap keruntuhan struktur baja dengan *bracing* akibat beban gempa dengan nilai *displacement* yang terjadi [10]. Untuk mengurangi risiko bencana yang terjadi diperlukan konstruksi bangunan tahan gempa [11].

Penelitian terdahulu dilakukan oleh Guntara, T. dan Sulendra K. (2021) membandingkan penggunaan baja profil WF dan H-Beam pada struktur atap bentang 40 m. Hasilnya menunjukkan profil H-Beam lebih mampu menahan tekuk lokal sedangkan profil WF lebih mampu menahan lendutan [12].

Penelitian selanjutnya dilakukan secara terpisah oleh Hidayanti, A. N., Raffaeld G., Sudarmayanti N. M., dan Sulendra K (2022) dengan topik portal *gable* dengan menggunakan baja WF dan H-Beam pada variasi ukuran baja profil yang berbeda-beda sesuai bentangnya [13], [14], dan [15].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku struktural dari struktur baja *gable frame* berdasarkan variasi jarak bentang portalnya, jumlah portalnya serta kelas situs dimana bangunan tersebut akan dibangun.

## 2. Metode Perencanaan

### 2.1. Data Bangunan

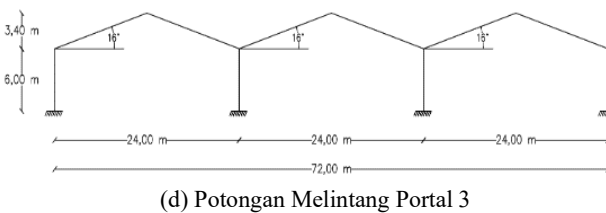
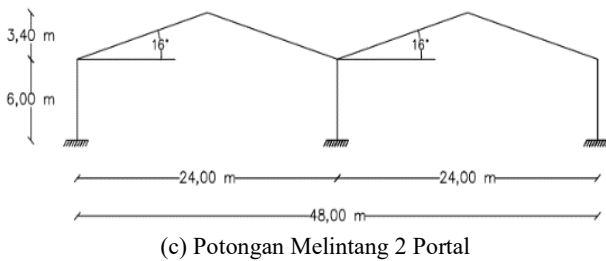
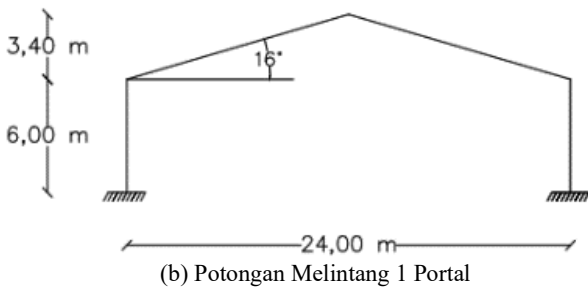
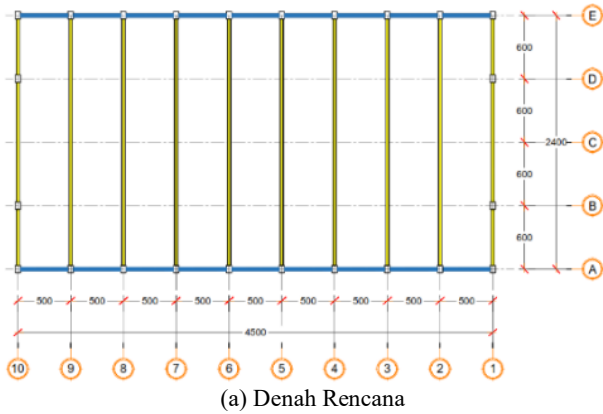
Data bangunan secara detail ditampilkan pada Tabel 1.

- 1) Fungsi dan peruntukkan gedung: gudang
- 2) Tinggi kolom: 6,00 meter
- 3) Bentang portal: 24,00 meter
- 4) Panjang bangunan: 45,00 meter
- 5) Bahan atap: *Zincalum* CD760
- 6) Jarak antar portal: 5,00 meter
- 7) Kemiringan atap: 16°

Tabel 1. Data profil bangunan

Profil	Dimensi Penampang	W Kg/m	H mm	B mm	t <sub>w</sub> mm	t <sub>r</sub> mm	R mm	A mm <sup>2</sup>
<i>Rafter</i>	W 300x150x6,5x9	36,70	300	150	6,5	9	13	46,78
<i>Gording</i>	C 150x50x2,3x20	4,96	150	50	2,3	20	-	6,32
Balok	W 200x100x5,5x8	21,30	200	100	5,5	8	11	27,16
Kolom	W 300x300x10x15	94,00	300	300	10	8	12	119,80

Properti baja profil didasarkan pada standar AISC. Denah bangunan dengan variasi bentang adalah 18 m x 45 m, 24 m x 45 m dan 30 m x 45 m. Pada variasi jumlah portal denah bangunan adalah 1 x 24 m x 45 m, 2 x 24 m x 45 m dan 3 x 24 m x 45 m. Untuk variasi kelas situs denah bangunan adalah 2 x 24 m x 45 m.



**Gambar 1.** Denah variasi jumlah portal

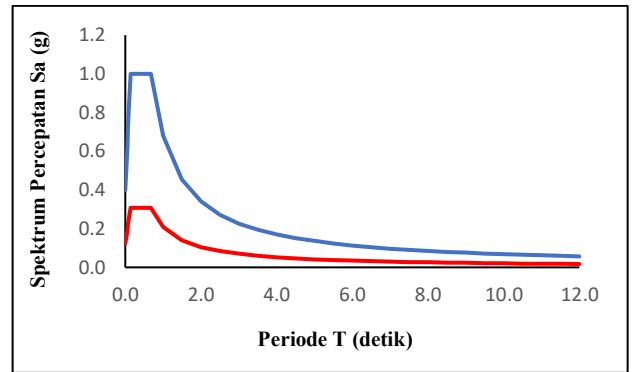
Pada Gambar 1 diperlihatkan potongan melintang portal gabel dengan jumlah portal 1,2 dan 3 buah.

2.2. Data Kelas Situs

Menurut SNI 1726 2019 jenis tanah dasar dibedakan menjadi 6 (enam) kelas situs seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2 [16]. Tabel 1 memperlihatkan hasil uji SPT dengan hasil tanah sedang dengan nilai SPT diantara 50 s/d 150 pada kedalaman 18 m.

Gambar 2 memperlihatkan respons spektrum kondisi situs tanah sedang (garis biru) dibandingkan dengan dengan kondisi tanah keras (garis kuning). Perbedaan ini

berpengaruh terhadap pada nilai beban gempa kondisi tanah sedang paling besar dibandingkan kondisi tanah keras dan lunak.



**Gambar 2.** Spektrum respons percepatan gempa desain

**Tabel 1.** Klasifikasi kelas situs

Kelas Situs	V <sub>s</sub> (m/detik)	N atau N <sub>ch</sub>	Su (kPa)
SA (batuan kasar)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah kasar, sangat padat, dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	>100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50

**Tabel 2.** Data hasil pengujian SPT

Lapis Ke	Kedalaman (d) (m)	Tebal (t) (m)	N-SPT (N)	t/N
1	0,00-2,00	2	0	0,000
2	2,00-4,00	2	29	0,069
3	4,00-6,00	2	41	0,049
4	6,00-8,00	2	34	0,059
5	8,00-10,00	2	31	0,065
6	10,00-12,00	2	39	0,051
7	12,00-14,00	2	46	0,043
8	16,00-18,00	2	60	0,033
<b>Jumlah</b>		<b>16</b>		<b>0,369</b>

2.3. Material dan Sistem Struktur

Data material struktur dan system struktur yang digunakan dalam perencanaan, yaitu:

1. Sistem struktur menggunakan Sistem Rangka Baja dengan Bresing Konsentris Biasa (SRBK).
2. Mutu bahan struktur
  - a) Mutu baja struktural
    - 1) Mutu baja: A36
    - 2) Tegangan leleh, f<sub>y</sub>: 250 MPa
    - 3) Tegangan putus, f<sub>u</sub>: 400 MPa
    - 4) Modulus elastisitas, E<sub>s</sub>: 200.000 MPa
    - 5) Modulus geser, G<sub>s</sub>: 80.000 MPa
    - 6) Angka Poisson, ν: 0,3

- 7) Koefisien muai panas,  $\alpha$ :  $12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
- b) Mutu beton struktural
  - 1) Kuat tekan,  $f'c$ : 35 MPa
  - 2) Modulus elastisitas,  $E_c$ :  $4700 \sqrt{f'c} = 27.806 \text{ MPa}$
  - 3) Angka Poisson,  $\nu$ : 0,2
  - 4) Modulus geser,  $G_c$ :  $\frac{E_c}{(1+\nu)} = 10.726 \text{ MPa}$
  - 5) Koefisien muai panas,  $\alpha$ :  $1,0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

2.4. Demand capacity ratio struktur baja

Dua metode yang sering digunakan dalam perencanaan struktur baja adalah perencanaan berdasarkan tegangan kerja/working stress design (*Allowable Stress Design/ASD*) dan perencanaan kondisi batas/limit states design (*Load and Resistance Factor Design/LRFD*) [3]. yaitu:

- 1) *LRFD (Load Resistance Factor Design)/DFBT* (Desain Faktor Beban Dan Ketahanan)  
Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBT) memenuhi persyaratan Standar ini bila kekuatan desain pada setiap komponen struktur sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DFBT.
- 2) *ASD (Allowable Strength Design)/DKI* (Desain Kekuatan Izin)  
Desain yang sesuai dengan ketentuan Desain Kekuatan Izin (DKI) memenuhi persyaratan Standar ini bila kekuatan izin setiap komponen struktur sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DKI.

Adapun keunggulan yang berbeda untuk masing-masing ketentuan di atas, namun pada penulisan tugas akhir ini, penulis menggunakan ketentuan LRFD dalam perencanaan struktur baja. Pada struktur bangunan tingkat tinggi harus mampu menahan gaya-gaya vertikal (beban gravitasi), maupun gaya-gaya horizontal (beban gempa) [17]

Metode LRFD merupakan metode perencanaan struktur baja dengan membandingkan kekuatan struktur yang diberi suatu faktor resistensi ( $\phi$ ) terhadap kombinasi beban terfaktor yang bekerja pada struktur tersebut ( $R_u$ ). Pada metode ini fokus perencanaan berdasarkan kondisi batas kekuatan (*ultimate strength*) yang menjamin keselamatan publik terhadap bebanekstrim selama masa pakai struktur. Rasio perbandingan itulah yang disebut dengan *Demand capacity ratio* Adapun parameter yang menjadi dasar ketentuan LRFD [18] ialah sebagai berikut:

$$\frac{R_u}{\phi R_n} \leq 1 \tag{1}$$

2.5. Perencanaan Batang Tarik

Dalam menentukan tahanan nominal suatu batang tarik, kuat tarik rencana  $\phi P_n$ , dengan  $\phi$  sebagai faktor ketahanan tarik dan  $P_n$  sebagai kuat aksi nominal yang merupakan nilai terkecil dari dua tinjauan batas keruntuhan yang terjadi pada penampang utuh dan penampang berlubang (daerah sambungan). Untuk syarat kekuatan struktur tarik penampang, semua komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor sebesar  $P_u$ , harus memenuhi:

$$\frac{P_u}{\phi R_n} \leq 1 \tag{2}$$

dimana besarnya kuat tarik nominal penampang utuh akibat keruntuhan leleh menurut SNI 1729:2020 [19] adalah sebagai berikut:

$$P_n = F_y \cdot A_g \tag{3}$$

Kuat tarik nominal penampang berlubang (daerah sambungan) akan memanfaatkan perilaku *strain-hardening* (peningkatan tegangan) pada kondisi regangan inelastis yang dipicu oleh lonjakan tegangan yang terkonsentrasi di daerah sekitar lubang menurut SNI 1729:2020 adalah sebagai berikut:

$$P_n = F_u \cdot A_e = F_u \cdot A_n \cdot U \tag{4}$$

2.6. Perencanaan batang tekan

Tekuk global ditentukan oleh kelangsingan elemen penampang dan bentuknya. Adapun tekuk global atau lokal tergantung pada klasifikasi penampang, jika penampang langsing beresiko tekuk lokal terlebih dahulu karena tekuk terjadi pada kondisi elastis, sebelum leleh maka agar efisien perlu dipilih kolom dengan penampang tidak langsing.

Ada tiga perilaku tekuk, yaitu: tekuk lentur, tekuk torsi, dan tekuk lentur-torsi. Pada kondisi-kondisi tekuk ini terdapat prosedur formulasi perhitungan yang berbeda berkaitan dengan bentuk penampang tunggal yang digunakan.

a) Tekuk lentur

Tekuk lentur merupakan tekuk global yang terjadi pada penampang dengan klasifikasi elemen tidak langsing. Untuk menentukan besarnya beban kritis  $F_{cr}$  yang menyebabkan terjadinya tekuk, digunakan rumus Euler yang sampai saat ini masih dijadikan dasar untuk menentukan kuat nominal batang tekan  $P_n$ . Agar berkesesuaian dengan cara perencanaan batang tarik, maka luas penampang utuh atau gross  $A_g$  dijadikan konstanta tetap, adapun variabelnya merupakan tegangan kritis  $F_{cr}$ , yang dirumuskan sebagai berikut berdasarkan SNI 1729:2020:

$$P_n = F_{cr} \cdot A \tag{5}$$

Tegangan kritis,  $F_{cr}$  dihitung dengan syarat berikut, jika tekuk inelastis, maka:

$$\frac{KL}{r_{min}} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25 \text{ tekuk inelastis, dan}$$

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e}\right) \cdot F_y \tag{6}$$

Jika tekuk elastis, maka:

$$\frac{KL}{r_{min}} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ atau } \frac{F_y}{F_e} > 2,25 \text{ tekuk elastis, dan}$$

$$F_{cr} = 0,877 F_y \tag{7}$$

dimana  $F_e$  = Tegangan tekuk Euler (elastis) sebagai berikut:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \tag{8}$$

b) Tekuk torsi dan tekuk lentur-torsi

Selain tekuk lentur, suatu batang tekan juga dapat mengalami punter (tekuk torsi) ataupun gabungan antara lentur dan torsi yaitu tekuk lentur-torsi. Biasa terjadi pada penampang dengan kekakuan torsi yang relatif kecil, atau pusat geser dan pusat beratnya tidak berhimpit. Kapasitas penampang nominal penampang kolom tidak langsing terhadap tekuk torsi dan lentur torsi sesuai dengan SNI 1729:2020 pasal E4 adalah sebagai berikut:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \tag{9}$$

Tegangan kritis,  $F_{cr}$  dihitung dengan syarat berikut, jika penampang siku ganda atau tee.

$$F_{cr} = \left( \frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \cdot \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{F_{cry} \cdot F_{crz}}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right] \tag{10}$$

Untuk penampang yang lain,  $F_{cr}$  tetap dihitung dengan rumus tekuk lentur, tetapi tegangan tekuk elastis  $F_e$  dihitung dengan persamaan:

$$F_e = \left( \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + G J \right) \cdot \frac{2}{I_x + I_y} \tag{11}$$

2.7. Dasar perencanaan batang portal

Struktur yang elemen batangnya menerima kombinasi gaya aksial dan momen sekaligus harus direncanakan dengan perhitungan batang portal (balok-kolom). Pada dasarnya perencanaan batang portal ditinjau terhadap kuat tekan dan juga kuat lenturnya. Dari tinjauan kuat tekan akibat gaya aksial dan kuat lentur akibat gaya lentur nantinya dihubungkan dengan persamaan interaksi antara kuat tekan dan kuat lentur sebagai berikut berdasarkan SNI 1729:2020.

a) Jika  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$ ,

$$\text{maka: } \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \tag{12}$$

b) Jika  $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$ ,

$$\text{maka: } \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \tag{13}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Dimensi dan Properti Penampang

Berdasarkan variasi panjang bentang portal diperoleh dimensi baja profil seperti pada Tabel 3. Sedangkan berdasarkan variasi jumlah portal diperoleh dimensi kolom serta hasil analisis kapasitas penampang seperti pada Tabel 4 dan Tabel 5.

**Tabel 3.** Hasil perencanaan kolom dan *rafter* berdasarkan variasi panjang bentang

Bentang	Kolom	Rafter	Balok	Gording
18 m	H 250.250.14.14	WF 200.100.5,5.8	WF 148.100.6.9	CNP 150.50.2,3.20
24 m	H 300.300.10.15	WF 300.150.6,5.9	WF 250.125.6.9	CNP 150.50.2,3.20
30 m	H 400.400.18.28	WF 400.200.8.13	WF 250.125.6.9	CNP 150.75.4,5.20

**Tabel 4.** Hasil perencanaan kolom

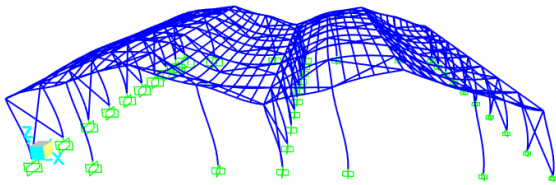
Desain	Portal	Kolom	Dimensi profil	$M_{ux}$ (kN.m)	$M_{uy}$ (kN)	$V_u$ (kN)	$\frac{P_u}{P_r}$ (kN)	$L_b$ (m)	$L_p$ (m)	$L_r$ (m)	$\frac{L_b - L_p}{L_p}$ (m)	$L_r - L_p$ (m)
Desain 1	A1-10	K-2	IWF 300x150x6,5x9	49.99	1.87	14.39	32.88	6.00	1.63	4.8	4.83	3.20
Desain 2	A1-10	K-2	IWF 300x150x6,5x10	61.45	1.89	18.66	52.27	6.00	1.63	4.83	4.83	3.20
Desain 3	A1-10	K-3	IWF 300x150x6,5x11	64.76	1.91	19.68	54.06	6.00	1.63	4.83	4.83	3.20

**Tabel 5.** Hasil perencanaan kolom (lanjutan)

Kuat Lentur Nominal Penampang, $\phi_b M_n$												
Desain	Kolom	$\phi_b 0.7$ $F_y S_x$	$M_a$	$M_b$	$M_c$	$C_b$	Kuat batas leleh X	Kuat batas LTBx	Kuat batas leleh Y	$\phi_b P_c$	Kontrol interaksi <1	Ket.
		(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)		(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)	(kN)		
Desain 1	K-2	75.75	12.49	24.99	37.49	1.66	117.46	83.86	23.45	439.78	0.713	Memenuhi
Desain 2	K-2	75.75	15,36	30.72	46.09	1.66	117.46	83.86	23.45	439.78	0.873	Memenuhi
Desain 3	K-3	75.75	16,19	32.38	48.57	1.66	117.46	83.86	23.45	439.78	0.918	Memenuhi

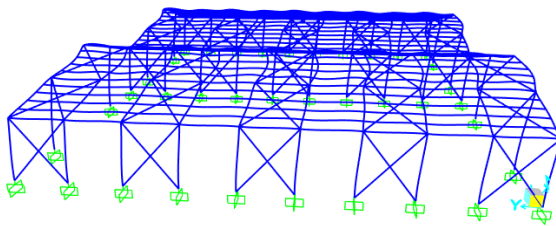
Variasi jenis kelas situs menghasilkan analisis vibrasi bebas (analisis modal) pada struktur untuk ketiga jenis tanah yaitu tanah sedang, tanah lunak, dan tanah keras pada struktur *gable frame* yang direncanakan.

1) Bentuk ragam getar (*mode shape*)



Gambar 3. Ragam getar pertama kelas situs

Gambar 3 memperlihatkan ragam getar pertama dari portal *gable* dengan jumlah portal 2 buah. Deformasi dominan berupa translasi horizontal arah sumbu x.



Gambar 4. Ragam getar kedua pada kelas situs

Sementara Gambar 4 memperlihatkan ragam getar kedua dari portal *gable* dengan jumlah portal 2 buah. Deformasi dominan berupa translasi horizontal arah sumbu y. Kedua ragam getar ini sesuai dengan persyaratan ragam getar yaitu harus dominan translasi bukan rotasi.

2) Rasio partisipasi massa

Besarnya nilai rasio partisipasi massa untuk struktur *gable* yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rasio partisipasi massa sumbu x dan y

Ragam Getar ( <i>mode shape</i> )	Translasi	Translasi
	$\Sigma U_x$ (%)	$\Sigma U_y$ (%)
1	79,969	0,000
2	79,969	86,803
3	79,969	86,803
4	80,046	86,803
5	80,046	86,803
47	99,194	98,291
48	99,194	98,291
49	99,195	98,291
50	99,783	98,291

Tabel 6 memperlihatkan rasio partisipasi massa arah sumbu x dan y. Pada ragam getar ke 50 nilai keduanya sudah di atas 95%. Nilai ini sudah sesuai dengan persyaratan, sehingga tidak perlu dilakukan iterasi lebih lanjut lagi.

3) Waktu getar alami struktur

Nilai waktu getar alami struktur akan menentukan metode yang digunakan dalam mengkombinasi respon maksimum struktur akibat beban gempa (Tabel 7).

Tabel 7. Waktu getar alami struktur

Ragam Getar ( <i>mode shape</i> )	Waktu getar alami T (detik)
1	0.46119
2	0.32913
3	0.30555
4	0.27665
5	0.27620
6	0.27575

Tabel 7 memperlihatkan waktu getar alami struktur hingga ragam getar ke 6. Nilai berangsur landai pada ragam getar ke 4, 5 dan 6 dengan nilai waktu getar sekitar 0,276 detik. Nilai ini juga merupakan fungsi dari tinggi puncak bangunan. Yang mana nilai ini tidak boleh mendekati waktu getar gempa.

3.2. Hasil Analisis Spektrum Respon

Parameter pertama diperiksa yaitu gaya geser dasar (*base shear*) hasil analisis spektrum respon. Berdasarkan SNI 1726:2019 menyatakan bahwa nilai gaya geser dasar hasil analisis spektrum respon harus sama dengan 100% gaya geser dasar yang dihitung dengan metode ekuivalen.

1) Kelas situs berupa tanah keras

Dari hasil analisis SAP2000 diperoleh nilai gaya geser dasar (*base shear*) spektrum respon pada masing-masing arah sumbu X dan Y yaitu:

- a. Gaya geser dasar (*base shear*) spektrum respon pada sumbu X,  $V_{tX} = 154,374$  kN
- b. Gaya geser dasar (*base shear*) spektrum respon pada sumbu Y,  $V_{tY} = 165,558$  kN
- c. Data *seismic* dari parameter beban gempa sebelumnya:  $S1 = 0,331g$ ,  $SDS = 0,607$ ,  $SD1 = 0,331$ ,  $I_e = 1,0$ ,  $R = 3,25$  dan  $I_e/R = 0,308$
- d. Periode fundamental struktur,  $T_c$ ,  $T_{c1} = 0,461$  detik dan  $T_{c2} = 0,329$  detik
- e. Periode fundamental pendekatan,  $T_a = C_t h_{nx} = (0,0731) \cdot 9,40,75 = 0,392$  detik

2) Batas atas periode fundamental,  $C_u T_a$

Untuk  $SD1 = 0,331g$ , diperoleh nilai  $C_u = 1,4$   
 $C_u T_a = (1,4) \cdot 0,392 = 0,549$  detik

a. Cek periode fundamental

$T_a < T_c < C_u T_a$   $0,392$  detik  $< 0,461$  detik  $< 0,549$  detik (memenuhi)  $0,392$  detik  $> 0,329$  detik  $< 0,549$  detik (tidak memenuhi), maka digunakan periode fundamental struktur:  $T1 = T_{c1} = 0,549$  detik dan  $T2 = T_{c2} = 0,461$  detik

b. Koefisien respon seismic,  $C_s$

$C_s = SDS \cdot I_e/R = 0,607 \cdot 0,308 = 0,187$

3) Batas atas koefisien respon seismic,  $C_{smaks}$

Untuk arah x,  $C_{smaks} = SD1/T (I_e/R) = 0,331/0,461$ .  $0,308 = 0,221$  dan untuk arah y,  $C_{smaks} = SD1/T (I_e/R) = 0,331/0,549$ .  $0,308 = 0,186$

4) Batas bawah koefisien respon seismic,  $C_{smin}$  untuk  $S1 \geq 0,6g$ .  $C_{smin} = 0,5 \cdot S1 \cdot I_e/R = 0,5 \cdot 0,331 \cdot 0,308 = 0,0510$

a. Cek nilai  $C_s$

Untuk arah x

$C_{smin} < C_s \leftrightarrow 0,0510 < 0,187$  (memenuhi)

$C_{smax} > C_s \leftrightarrow 0,221 > 0,187$  (memenuhi)

maka digunakan koefisien respon seismic:  
 $C_s = 0,187$  detik  
 Untuk arah y  
 $C_{smin} < C_s \leftrightarrow 0,0510 < 0,187$  (memenuhi)  
 $C_{smax} > C \leftrightarrow 0,186 > 0,187$  (tidak memenuhi)  
 Karena nilai koefisien respon seismic  $C_s$  lebih besar dari batas atas koefisien respon seismic  $C_{smaks}$  ( $C_s > C_{smaks}$ ), maka digunakan koefisien respon seismic:

$C_s = C_{s,maks} = 0,186$  detik

b. Berat seismic efektif, W

Gaya geser dasar (*base shear*) static ekuivalen  
 $V_{1x} = C_s \cdot W = 0,187 \cdot 1096,638 \rightarrow V_1 = 205,071$   
 $V_{1y} = C_s \cdot W = 0,187 \cdot 1096,638 \rightarrow V_1 = 205,071$

Cek  $V_{tx}$  dan  $V_{ty}$

$V_{tx} > V_1 \leftrightarrow 154,374 \text{ kN} < 205,071 \text{ kN}$  (tidak memenuhi)

$V_{ty} > V_1 \leftrightarrow 165,558 \text{ kN} < 205,071 \text{ kN}$  (tidak memenuhi).

Dari perhitungan tersebut, dapat diketahui bahwa gaya geser dasar spektrum respon pada masing-masing arah sumbu X dan Y tidak memenuhi syarat lebih besar dari 100% gaya geser dasar statik ekuivalen. Untuk itu, spektrum respon percepatan gempa desain harus dikalikan dengan faktor koreksi sebesar  $V_1/V_t$  sesuai ketentuan SNI 03-1726-2019.

c. Faktor skala awal

"S" "F" = "g-I" / "R" =  $9,81 \cdot 1,0 / 3,25 = 3,0185 \text{ m/s}^2$

d. Faktor koreksi untuk spektrum respon pada arah sumbu X (U1)

"V" "1" / "V" "tX" =  $205,071 / 154,374 = 1,329$

e. Faktor koreksi untuk spektrum respon pada arah sumbu Y (U2)

"V" "1" / "V" "tY" =  $205,071 / 165,558 = 1,239$

Setelah dilakukan analisis struktur kembali sesuai dengan spektrum respon percepatan terkoreksi, maka diperoleh gaya geser dasar spektrum respon untuk masing-masing arah sumbu X dan Y, yaitu:

Gaya geser dasar spektrum respon pada sumbu X,  
 $V_{tx} = 205,163 \text{ kN}$

Gaya geser dasar spektrum respon pada sumbu Y,  
 $V_{ty} = 205,126 \text{ kN}$

f. Cek  $V_{tx}$  dan  $V_{ty}$

$V_{tx} \geq V_1 \leftrightarrow 205,163 \text{ kN} \geq 205,071 \text{ kN}$  (memenuhi)

$V_{ty} \geq V_1 \leftrightarrow 205,126 \text{ kN} \geq 205,071 \text{ kN}$  (memenuhi)

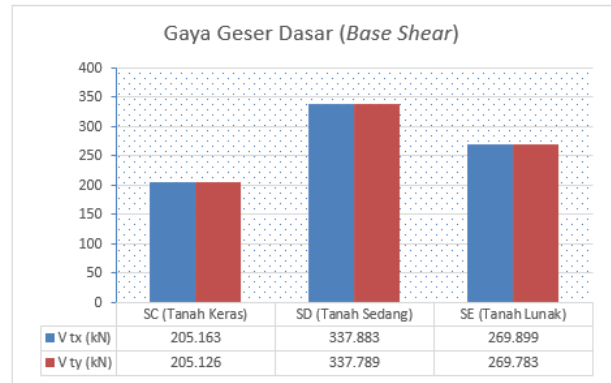
**Tabel 8.** Gaya geser dasar pada variasi kelas situs

Kelas Situs	Koef. Respon Seismik ( $C_s$ )	Berat Seismik Efektif (W) (kN)	Gaya Geser Dasar (Base Shear)	
			$V_{tx}$ (kN)	$V_{ty}$ (kN)
SC (Tanah Keras)	0.187	1096.638	205.163	205.126
SD (Tanah Sedang)	0.308	1096.638	337.883	337.798
SE (Tanah Lunak)	0.246	1096.638	269.899	269.783

Hasil tersebut menunjukkan bahwa gaya geser dasar spektrum respon telah memenuhi syarat lebih besar atau sama dengan 100% gaya geser dasar statik ekuivalen,

sehingga sudah bisa digunakan sebagai beban gempa rencana pada struktur gedung yang direncanakan. Berdasarkan analisis SAP2000 v22 diperoleh nilai gaya geser dasar spektrum respon dari masing-masing situs tanah pada arah sumbu X dan Y yaitu dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 5.

Tabel 8 menunjukkan gaya geser dasar terbesar terjadi pada kondisi tanah sedang (SD), hal ini menunjukkan beban gempa strktur terjadi pada jenis tanah ini.



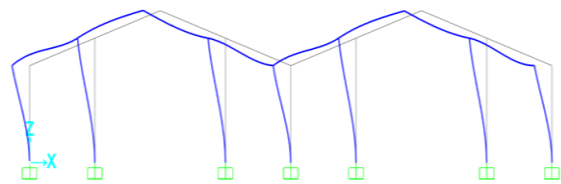
**Gambar 5.** Gaya geser dasar dengan variasi kelas situs

Berdasarkan Gambar 5 untuk ketiga situs tanah dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai respon percepatan gempa maka semakin besar gaya geser yang terjadi. Tahapan selanjutnya ialah memeriksa simpangan antar lantai yang terjadi pada struktur akibat beban gempa rencana. Simpangan antar lantai diperiksa pada salah satu bagian tepi struktur yang mengalami defleksi pusat massa terbesar akibat beban gempa rencana, di masing-masing arah sumbu X dan Y.

Perhitungan simpangan antar lantai arah X untuk tingkat 1 (tinjau portal 1)

Diketahui:

- Perpindahan elastis lantai tingkat 2,  $\delta_{ex} = 9,385 \text{ mm}$
- Perpindahan elastis lantai tingkat 1,  $\delta_e = 9,686 \text{ mm}$
- Tinggi antar lantai tingkat,  $h_{sx} = 9,4 \text{ m} = 9400 \text{ mm}$
- Simpangan antar lantai ijin,  $\Delta_a = 0,02h_{sx} = 144,615$
- Koefisien pembesaran defleksi,  $C_d = 3,25$
- Faktor keutamaan gempa,  $I_e = 1,0$



**Gambar 6.** Model simpangan gable frame

Gambar 6 menunjukkan model simpangan portal gable pada portal dengan jumlah portal 2 buah. Simpangan pada puncak bangunan akan lebih besar dibandingkan pada ujung atas kolomnya.

1) Simpangan antar lantai

$\Delta_x = (\delta_{ex} - \delta_e(x-1))C_d/I_e = (9,385 + 9,686) \cdot 3,25 / 1,0 = 61,981 \text{ mm}$

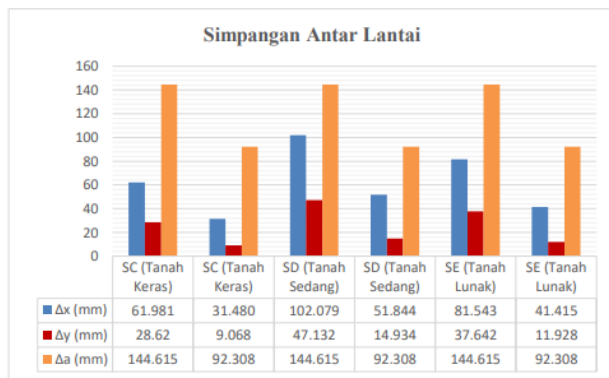
2) Cek simpangan antar lantai terhadap simpangan antar lantai ijin:

$$\Delta x < \Delta a \Rightarrow 61,981 \text{ mm} < 144,615 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Berdasarkan analisis *SAP2000 v22* diperoleh nilai simpangan antar lantai dari masing-masing situs tanah pada arah sumbu X dan Y yaitu dapat dilihat pada Tabel 9 dan Gambar 7.

**Tabel 9.** Simpangan atap pada variasi kelas situs

Kelas Situs	h <sub>sx</sub> (m)	Simpangan Inelastik		Δa (mm)	Cek
		Δx (mm)	Δy (mm)		
SC (Tanah Keras)	9400	61.981	28.620	144.615	OK
	6000	31.480	9.068	92.308	
SD (Tanah Sedang)	9400	102.079	47.132	144.615	OK
	6000	51.844	14.934	92.308	
SE (Tanah Lunak)	9400	81.543	37.642	144.615	OK
	6000	41.415	11.928	92.308	

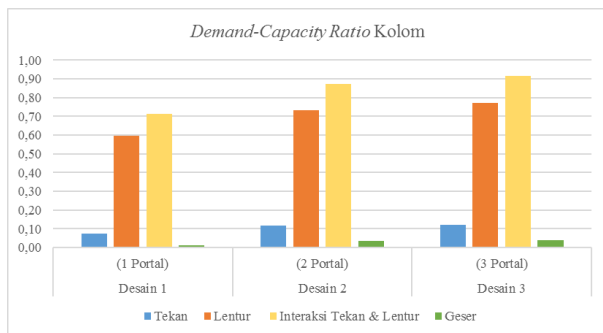


**Gambar 7.** Simpangan antar lantai

Berdasarkan Gambar 7, untuk ketiga situs tanah dapat disimpulkan bahwa semakin besar gaya geser yang terjadi maka semakin besar juga nilai simpangannya.

**Tabel 10.** D/C Ratio Kolom pada variasi jumlah portal

Demand Capacity Ratio	Desain 1 (1 Portal)	Desain 2 (2 Portal)	Desain 3 (3 Portal)
Tekan	0.075	0.119	0.123
Lentur	0.596	0.733	0.772
Interaksi Tekan & Lentur	0.713	0.873	0.915
Geser	0.013	0.037	0.040

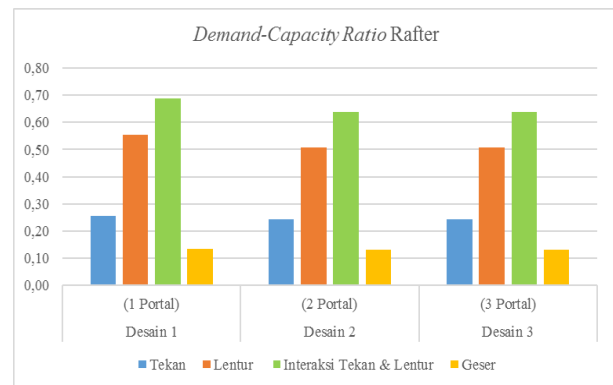


**Gambar 8.** D/C Ratio kolom variasi jumlah portal

Berdasarkan Tabel 10 dan Gambar 8 diperoleh nilai, *Demand-Capacity Ratio* desain 1 portal, 2 portal dan 3 portal pada kolom untuk interaksi tekan dan lentur yaitu 0,713; 0,873; dan 0,915. Berdasarkan hasil diatas semua desain dapat menahan beban-beban yang terjadi pada struktur *gable frame* dengan baik sebagai kolom karena nilai *Demand-Capacity Ratio* ≤ 1. Selain itu juga terlihat tidak ada peningkatan kemungkinan terjadinya geser, bertambahnya jumlah portal *gable frame* (Tabel 11 dan Gambar 9).

**Tabel 11.** D/C Ratio *rafter* pada variasi jumlah portal

Demand Capacity Ratio	Desain 1 (1 Portal)	Desain 2 (2 Portal)	Desain 3 (3 Portal)
Tekan	0.256	0.242	0.241
Lentur	0.554	0.509	0.508
Interaksi Tekan & Lentur	0.687	0.639	0.638
Geser	0.132	0.130	0.130



**Gambar 9.** D/C Ratio *rafter* variasi jumlah portal

Berdasarkan Tabel 11 dan Gambar 9 grafik di atas diperoleh nilai, *Demand-Capacity Ratio* desain 1 portal, 2 portal dan 3 portal pada *rafter* untuk interaksi tekan dan lentur yaitu 0,687; 0,639; dan 0,638. Berdasarkan hasil diatas semua desain dapat menahan beban-beban yang terjadi pada struktur *gable frame* dengan baik sebagai *rafter* karena nilai *Demand-Capacity Ratio* ≤ 1. Selain itu tabel dan gambar di atas juga terlihat tidak ada peningkatan kemungkinan terjadinya geser, bertambahnya jumlah portal *gable frame* ternyata dapat menurunkan kapasitasnya dalam menahan lentur maupun tekan.

#### 4. Kesimpulan

- 1) Diperoleh dimensi profil *rafter* WF 250, 300 dan 350 dan kolom H-beam 200, 300 dan 400 berturut-turut untuk bentang 18 m, 24 m dan 30 m. *Demand Capacity Rasio* kolom 0,1909; 0,256; 0,249 berturut-turut untuk bentang 18 m, 24 m dan 30 m. Berdasarkan variasi jarak bentang, portal *gable* yang paling ekonomis, efektif dan efisien adalah dengan jarak bentang 24 m dengan rasio kekuatan terhadap berat yang terbesar.
- 2) Diperoleh bahwa desain jumlah portal 1, 2 dan 3 memiliki nilai *Demand-Capacity Ratio* pada *rafter* berturut-turut 0,687; 0,639 dan 0,638 sedangkan pada kolom diperoleh berturut-turut 0,713; 0,873 dan 0,915. Nilai simpangan maksimum pada puncak bangunan



berturut-turut yaitu 68,699 mm; 78,364 mm dan 82,462 mm. Berdasarkan jumlah portal dengan jumlah 1,2 dan 3 portal, portal dengan stabilitas terbesar dengan nilai defleksi terkecil adalah portal dengan jumlah portal 1 buah, karena gaya lateral yang ditimbulkan oleh beban gempa terkecil.

- 3) Berdasarkan jenis kelas situs, kondisi tanah sedang menghasilkan beban gempa dengan respons spektrum terbesar. Desain pada 3 situs tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak berturut-turut memiliki nilai simpangan maksimum pada puncak bangunan yaitu 61,981 mm, 102,079 mm, dan 37,642 mm lebih kecil dari simpangan izin maksimum sebesar 144,615 mm. Hasil analisa dengan variasi situs tanah diperoleh bahwa tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak memiliki nilai gaya geser dasar yaitu 205,163 kN, 337,883 kN, dan 269,899 kN.

#### Daftar Pustaka

- [1] W. Dewobroto, *Struktur Baja : Perilaku, Analisis dan Desain*, Jakarta, Lumia Press, 2016.
- [2] M.Y. Zachari and G. Turuallo, "Analisis Struktur Baja Tahan Gempa dengan Sistem SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus) Berdasarkan SNI 1729:2015 dan SNI 1726:2012, *Rekonstruksi Tadulako: Civil Engineering Journal on Research and Development*, vol. 1, no. 2, p. 9, 2020.
- [3] G. Azhari, "Analisa Sambungan Batang Tarik Struktur Baja dengan Metode ASD dan Metode LRFD", *Jurnal Konstruksi*, vol. 12, no. 1, p. 2, 2014.
- [4] I.O.F. Fambudi, B. Sutriyono, R. Trimurtiningrum, and N. Rochmah, "Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen Gunawangsa Gresik Dengan Struktur Baja Tahan Gempa", *Jurnal Extrapolasi Volume*, vol. 17, no. 1, p. 30, 2020.
- [5] A. Faisal, "Perilaku Nonlinear Struktur Gedung Baja Dengan Bentuk Denah L, T dan U Akibat Gempa", *Progress In Civil Engineering Journal*, vol. 1, no. 1, p. 63, 2019.
- [6] B.C. Zega, P.N. Prasetyono, F. Nadiar, and A. Triarso, "Desain Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa Menggunakan Sni 1729: 2020", *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, vol. 4, no. 2, p. 108, 2022.
- [7] A. Imran, E. Priskasari, and A. Santosa, "Analisa Perbandingan Portal Gable Frame Baja WF dan Struktur Rangka Baja Siku dan T", *Sondir*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2017
- [8] M.Z. Lihin, E. Prikarsari, and S. Indra, "Jurnal Studi Perencanaan Portal Baja Menggunakan Metode LRFD", *Student Journal Gelagar*, vol. 3, no. 1, p. 118, 2021.
- [9] D.F. Rahmawati and U. Khatulistiani, "Analisa Drift Gedung Struktur Baja Tahan Gempa Menggunakan Kombinasi Two Story-X Bracing dan X Bracing di Surabaya", *Axial: Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, vol. 7, no. 1, p. 1, 2019.
- [10] F.E. Rienanda, E.J. Kumaat, and R.S Windah, "Pengaruh Bracing Pada Bangunan Bertingkat Rangka Baja yang Berdiri di Atas Tanah Miring Terhadap Gempa", *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7 no. 6, p. 605, 2019.
- [11] A. Panjaitan, U. Khatulistiani, and S.P. Machmoed, "Perbandingan Bresing X-1 dan X-2 Pada Gedung Struktur Baja Ditinjau dari Nilai Drift", *Axial: Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2018.
- [12] T. Guntara, *Analisis Perbandingan Perilaku Struktur Atap Gedung Wanita Menggunakan Baja Profil H-Beam dan WF*, Palu: Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako, 2021.
- [13] A.N. Hidayanti, *Perencanaan Konstruksi Baja Tipe Gable Frame dengan Variasi Jumlah Portal*, Palu: Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako, 2022.
- [14] N.M. Sudarmayanti, *Perencanaan Konstruksi Baja Tipe Gable Frame dengan Variasi Kelas Situs*, Palu: Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako, 2022.
- [15] G. Raffael, *Perencanaan Konstruksi Baja Tipe Gable Frame dengan Variasi Bentang Portal*, Palu: Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako, 2021.
- [16] Standar Nasional Indonesia, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2012.
- [17] I.D. Nurhayati, "Pengaruh Susunan Rangka Penahan Beban Gravitasi Terhadap Perilaku Keruntuhan Struktur Srpm Baja dengan Bracing Konsentrik Akibat Getaran Gempa", *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik*, vol. 2, no. 5, p. 38, 2022.
- [18] A.A. Saputra, S. Winarto, and A. Ridwan, "Perencanaan Struktur Baja Pada Konstruksi Empat Lantai Pada Hotel Jaya Baya", *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil*, vol. 1, no. 2, p. 248, 2018.
- [19] N.W. Julianto, "Perhitungan Struktur Baja Bertingkat Dengan Metode LRFD Pada Proyek Rencana Pembangunan Gedung Asrama Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda Provinsi Kalimantan Timur", *Kurva Mahasiswa*, vol. 4, no. 1, p. 37, 2014.

*This page is intentionally left blank*