

# PENGARUH *BRACING* PADA BANGUNAN BERTINGKAT RANGKA BAJA YANG BERDIRI DI ATAS TANAH MIRING TERHADAP GEMPA

Farren Evangelistha Rienanda

Ellen J. Kumaat, Reky S. Windah

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: [rienandafarren@gmail.com](mailto:rienandafarren@gmail.com)

## ABSTRAK

*Kolom pada bagian bawah struktur bangunan yang menopang bangunan pada tanah miring memiliki ketinggian yang berbeda. Kerusakan sering ditemui pada kolom pendek. Hal itu disebabkan adanya selisih yang besar dalam distribusi gaya untuk kolom pendek dan kolom panjang. Distribusi gaya dengan selisih yang besar tersebut menyebabkan struktur tidak stabil saat menerima beban sehingga perlu dihindari. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah mengkombinasikan struktur dengan bracing (elemen pengaku portal).*

*Penelitian dilakukan dengan pemodelan struktur bangunan rangka baja yang terdiri dari 10 lantai yang berdiri di atas tanah dengan kemiringan  $12,5^\circ$  dan dilakukan variasi penempatan bracing yang akan ditempatkan bertahap dari lantai dasar sampai lantai 9 sisi luar struktur. Analisis dilakukan dengan alat bantu ETABS 2016. Respons struktur yang ditinjau adalah simpangan struktur, gaya geser dasar dan gaya geser pada kolom tingkat pertama struktur.*

*Hasil analisis menunjukkan bahwa pemodelan struktur bangunan yang berdiri di atas tanah miring dengan pemasangan bracing pada lantai dasar (Model B) menghasilkan gaya geser pada kolom pendek paling kecil jika dibandingkan dengan pemodelan lainnya. Respons struktur yang dihasilkan oleh Model B seperti periode struktur, displacement dan simpangan antar tingkat juga telah memenuhi persyaratan yang ada.*

**Kata Kunci:** *Bangunan Bertingkat, Baja, Tanah Miring, Bracing, Kolom Pendek*

## PENDAHULUAN

### Latar belakang

Salah satu penyebab keruntuhan bangunan adalah ketidakstabilan struktur. Saat mendesain suatu struktur, ketidakstabilan pada struktur merupakan hal dasar harus dihindari. Hal ini harus diperhatikan untuk berbagai jenis tinggi gedung. Struktur yang tidak stabil apabila menerima beban maka struktur tersebut mengalami perubahan bentuk (deformasi) yang lebih besar dibandingkan struktur yang stabil. Salah satu cara yang dapat dilakukan agar struktur menjadi lebih stabil adalah mengkombinasikan struktur dengan *bracing* (elemen pengaku).

Sistem *bracing* dapat digunakan untuk menahan gaya vertikal seperti beban gravitasi dan gaya horisontal/gaya lateral seperti beban gempa, sehingga dapat mencegah goyangan berlebih pada struktur. Penggunaan *bracing* juga dimaksudkan agar saat terjadi gempa, gaya lateral yang

mengenai struktur tidak hanya ditahan oleh elemen balok dan kolom pada struktur tetapi juga ditahan oleh sistem *bracing*. Namun, perlu diperhatikan penempatan *bracing* pada struktur yang berdiri di atas tanah miring karena penempatan *bracing* yang tidak tepat menyebabkan gaya geser yang terjadi pada kolom pendek lebih besar.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka masalah yang akan dibahas adalah berapa besar perbedaan simpangan struktur, gaya geser dasar dan gaya geser yang terjadi pada kolom tingkat pertama akibat gempa yang dihasilkan oleh struktur bangunan yang berdiri di atas tanah miring tanpa *bracing* dan struktur bangunan dengan variasi penempatan *bracing*, juga membandingkan gaya geser kolom tingkat pertama struktur bangunan simetris tanpa *bracing* dengan struktur yang berdiri di atas tanah miring tanpa *bracing*.

### Batasan Masalah

1. Struktur bangunan ditinjau adalah struktur rangka baja 10 lantai yang terletak diatas tanah dengan kemiringan tanah  $12,5^\circ$  dan berfungsi sebagai kantor.
2. Sambungan balok dan kolom dianggap kaku (*stiff*). Sedangkan, sambungan *bracing* pada portal dan sambungan antar balok dianggap tidak kaku (*unstiff*).
3. Analisa gempa yang digunakan adalah analisa gempa dinamik dengan Spektrum Respons berdasarkan SNI 1726-2012.
4. Respon struktur yang ditinjau adalah simpangan antar tingkat, gaya geser dasar dan gaya geser yang terjadi pada kolom tingkat pertama.
5. Struktur bangunan direncanakan berlokasi di Kota Manado diatas tanah sedang.

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menghitung simpangan struktur, gaya geser dasar, dan gaya geser yang terjadi pada kolom tingkat pertama.
2. Membandingkan respons struktur yang diberikan oleh 11 variasi pemodelan struktur yang berdiri di atas tanah miring dengan dan tanpa variasi penempatan *bracing*.
3. Membandingkan gaya geser kolom tingkat pertama yang diberikan oleh struktur bangunan yang berdiri di atas tanah miring tanpa *bracing* (Model A) dengan struktur bangunan simetris tanpa *bracing* (Model L).

### Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberi informasi tentang penempatan *bracing* yang dapat memperkecil gaya geser kolom pendek pada kolom tingkat pertama struktur bangunan yang berdiri di atas tanah miring tanpa melewati syarat batas untuk respons struktur.

## LANDASAN TEORI

### Baja Konstruksi

Baja dapat dikelompokkan berdasarkan kegunaannya, yaitu baja konstruksi dan baja non konstruksi. Baja konstruksi biasanya digunakan sebagai bahan untuk konstruksi

bangunan dan bagian-bagian dari mesin. Ada beberapa keuntungan yang bisa didapat melalui penggunaan baja pada konstruksi bangunan, antara lain memiliki kekuatan yang tinggi, sifat homogenitas, elastisitas, daktilitas, awet, dan mudah dalam pemasangan dan pengerjaan (Sidara dkk, 2017).

### Bangunan Bertingkat

Bangunan bertingkat adalah bangunan yang mempunyai lebih dari satu lantai secara vertikal. Bangunan bertingkat ini dibangun berdasarkan keterbatasan tanah yang mahal di perkotaan dan tingginya tingkat permintaan ruang untuk berbagai macam kegiatan (The dkk, 2012). Tetapi perlu diperhatikan bahwa perencanaan bangunan bertingkat harus didesain dengan tepat. Salah satunya dengan mempertimbangkan apakah struktur mampu menahan beban-beban yang bekerja.

### Elemen Pengaku Portal (*Bracing*)

Elemen Pengaku Portal (*Braced Frames Element*) adalah elemen struktur yang diletakan secara menyilang (*diagonal*) pada struktur portal, yang berfungsi untuk menopang/mengaku portal dalam menahan beban pada struktur (Nelwan dkk, 2018).

### *Inverted-V Bracing*

Pada desain *bracing* bentuk *Inverted-V*, panjang batang *bracing* akan menjadi pendek karena akan memiliki tumpuan ditengah balok. Tumpuan ini akan mengurangi deformasi lentur balok, sehingga dimensi balok akan menjadi lebih kecil (Windah, 2011). *Bracing* bentuk *Inverted-V* selain digunakan untuk menahan beban lateral juga dapat digunakan untuk menahan beban vertikal.

### Struktur Bangunan Bertingkat dengan *Bracing*

Saat mendesain suatu struktur, ketidakstabilan pada struktur merupakan hal dasar harus dihindari. Struktur yang tidak stabil apabila menerima beban maka struktur tersebut mengalami perubahan bentuk (deformasi) yang lebih besar dibandingkan struktur yang stabil. Salah satu cara yang dapat dilakukan agar struktur menjadi lebih stabil adalah mengkombinasikan struktur

dengan *bracing* (elemen pengaku portal). Hal ini disebabkan karena dengan penggunaan elemen pengaku (*bracing*) gaya-gaya yang diterima struktur akan disebarkan ke seluruh elemen termasuk ke elemen pengaku, gaya-gaya yang diterima masing-masing elemen akan berkurang sehingga simpangan yang dihasilkan semakin kecil.

### Struktur Bangunan Bertingkat di Tanah Miring

Terdapat perbedaan tinggi kolom tingkat pertama pada struktur bangunan yang berdiri di atas tanah miring. Struktur bangunan yang memiliki variasi tinggi kolom dalam satu tingkat akan membuat kolom yang lebih pendek mengalami kerusakan yang lebih besar dibandingkan dengan kolom yang lebih tinggi dalam satu tingkat yang sama saat menerima beban. Hal ini terjadi karena kolom pendek yang lebih kaku dibandingkan dengan kolom panjang memikul kekuatan gaya yang lebih besar (Erwinsyah dkk, 2013).

### Beban Gempa

Beban gempa diklasifikasikan sebagai beban dinamis, yakni beban yang besar dengan arah yang berubah-ubah menurut waktu. (Dewayanti dkk, 2013). Struktur bangunan saat menerima beban gempa akan memikul gaya geser dasar (*base shear*). Kemudian gaya geser dasar didistribusikan secara vertikal sepanjang tinggi struktur dan akan menjadi gaya horizontal tingkat yang bekerja pada tiap-tiap tingkat bangunan. Akibat dari gaya yang terjadi pada tingkat-tingkat tersebut maka akan mengakibatkan terjadinya perpindahan dan simpangan pada tingkat-tingkat tersebut.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Data Struktur

Struktur bangunan dalam penelitian ini merupakan struktur rangka baja yang terletak diatas tanah yang memiliki kemiringan 12,5° dan berfungsi sebagai kantor.

- Jumlah lantai: 10 lantai
- Tinggi kolom:
  - Untuk Model A – Model K

Lantai dasar: 6 m, 4,9 m, 3,8 m dan 2,7 m (menyesuaikan kemiringan tanah 12,5°).

Lantai 2-9: 3 m

- Untuk Model L

Lantai dasar – Lantai 9: 3 m

- Jumlah bentang arah x= 3 bentang
- Jumlah bentang arah y= 3 bentang
- Jarak antar bentang = 5 m

### Material dan Elemen Struktur

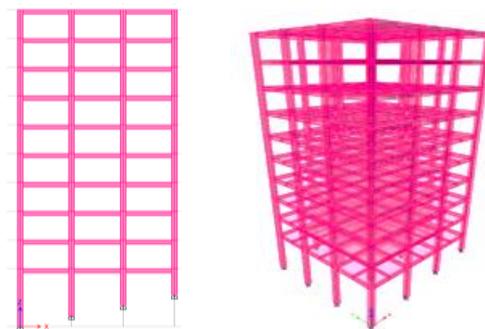
Material yang digunakan adalah baja dan beton. Mutu baja adalah BJ37 sedang mutu beton adalah 25 MPa.

Profil baja yang digunakan untuk balok: IWF 450x200x19x12; balok anak: IWF 350x175x7x11; Kolom: H 500x500x45x45; dan Bracing: 175x175x7,5x11.

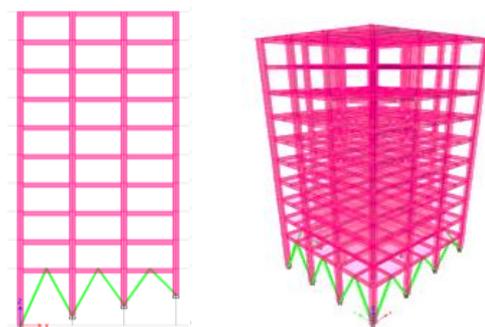
Plat lantai menggunakan pelat beton dengan tebal 15cm.

### Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur yang berdiri di atas tanah miring akan dibuat 11 model, yaitu: 1 model struktur tanpa bracing dan 10 model struktur dengan variasi penempatan bracing. (Gambar 1 dan Gambar 2).

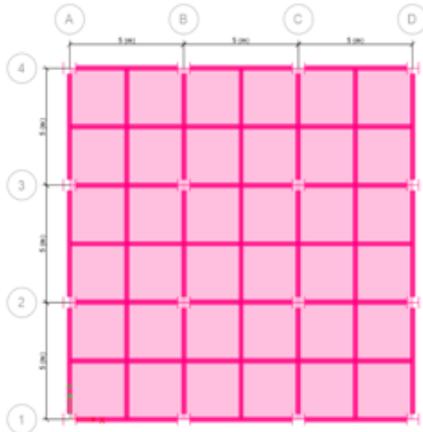


Gambar 1. Struktur Tanpa *Bracing* (Model A)



Gambar 2. Struktur dengan *Bracing*

Denah struktur bangunan simetris, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Denah Struktur

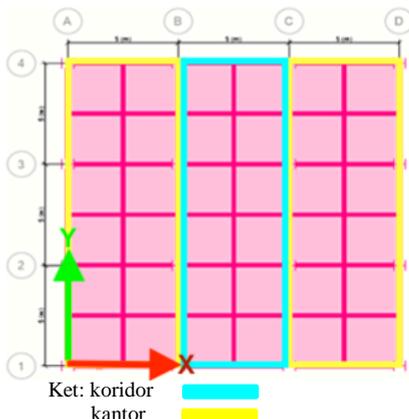
**Pembebanan Struktur**

**Beban Gravitasi**

- Beban Hidup
  - Atap = 96 kg/m<sup>2</sup>
  - Kantor = 240 kg/m<sup>2</sup>
  - Koridor = 383 kg/m<sup>2</sup>
  - Ruang pertemuan/lobi = 479 kg/m<sup>2</sup>

Dengan pembebanan pada setiap lantai sebagai berikut.

  - Lantai 1: 479 kg/m<sup>2</sup> (lobi)
  - Lantai 2 – Lantai 8 sesuai fungsi ruang (Gambar 4)



Gambar 4. Beban Ruang Lantai 2-Lantai 8

- Lantai 9: 479 kg/m<sup>2</sup> (ruang pertemuan)
  - Lantai 10 = 96 kg/m<sup>2</sup>
- Beban Mati
    - Dead Load = Berat struktur
    - SD Load = 50 kg/m<sup>2</sup> (atap)
    - = 150 kg/m<sup>2</sup> (lantai tipikal)

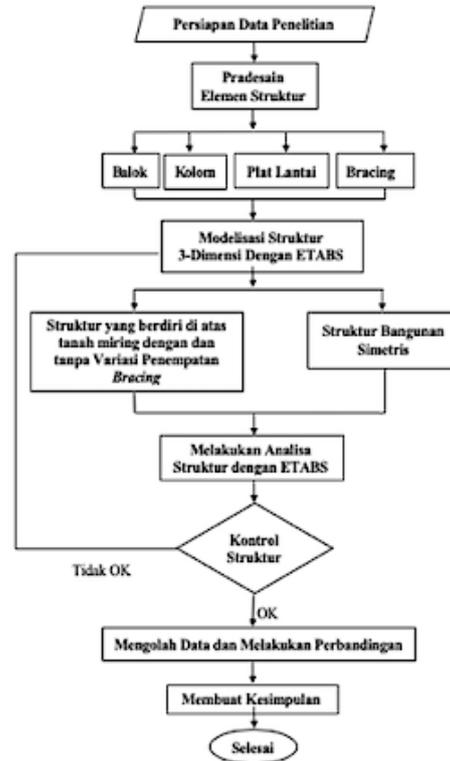
**Beban Gempa**

Lokasi struktur: Kota Manado  
Analisa gempa dengan Spektrum respons  
Kelas situs tanah sedang (SD)

**Kombinasi Pembebanan**

- 1,2D+1,0L+1,0EX+0,3EY
- 1,2D+1,0L+0,3EX+1,0EY

**Bagan Alir Metode Penelitian**



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Periode Fundamental Struktur**

Periode fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C<sub>u</sub>) dari Tabel 14 SNI 1726-2012, dan periode fundamental pendekatan (T<sub>a</sub>) yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.8.2.1. Untuk struktur rangka baja pemikul momen diambil nilai C<sub>t</sub>=0,0724 dan nilai x=0,8. Sedangkan untuk nilai S<sub>D1</sub> > 0,4 maka diambil nilai koefisien C<sub>u</sub>= 1,4.

Batas Bawah :

- Model A – Model K  
 T<sub>a</sub> (min) = C<sub>t</sub> x h<sub>n</sub><sup>x</sup>  
 = 0,0724 x (33)<sup>0,8</sup> = 1,1873 s

b. Model L

$$T_a (\text{min}) = C_t \times h_n^x \\ = 0,0724 \times (30)^{0,8} = 1,1001 \text{ s}$$

Batas Atas :

a. Model A – Model K

$$T_a (\text{max}) = C_u.T_a (\text{min}) \\ = 1,4 \times 1,1873 = 1,6622 \text{ s}$$

b. Model L

$$T_a (\text{max}) = C_u.T_a (\text{min}) \\ = 1,4 \times 1,1001 = 1,5402 \text{ s}$$

Apabila periode alami struktur diperoleh dari hasil analisis menggunakan software, maka periode alami struktur yang diambil (T) harus ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut:

Jika  $T_c > C_u T_a$ , maka  $T = C_u T_a$

Jika  $T_a < T_c < C_u T_a$ , maka  $T = T_c$

Jika  $T_c < T_a$ , maka  $T = T_a$

Tabel 1. Kontrol Periode Struktur Seluruh Pemodelan

Nama Model	Periode Getar Struktur (Tc)	Kondisi Analisis Getar Struktur			Periode yang digunakan (T)
		Tc > CuTa	Ta < Tc < CuTa	Tc < Ta	
Model A	1,176			OK	1,187270612
Model B	1,082			OK	1,187270612
Model C	0,978			OK	1,187270612
Model D	0,883			OK	1,187270612
Model E	0,789			OK	1,187270612
Model F	0,701			OK	1,187270612
Model G	0,623			OK	1,187270612
Model H	0,564			OK	1,187270612
Model I	0,53			OK	1,187270612
Model J	0,519			OK	1,187270612
Model K	0,518			OK	1,187270612
Model L	1,24		OK		1,100108626

**Gaya Geser Dasar (Base Shear)**

Berdasarkan SNI-1726-2012 pasal 7.9.4, kombinasi respons untuk geser dasar ragam (Vt) harus lebih besar dari 85% geser dasar (V). Hasil analisis geser dasar adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear) Seluruh Pemodelan

Pemodelan	Arah X			Kontrol	Arah Y		
	Gaya Geser Dasar				Gaya Geser Dasar		Kontrol
	Statik (V)	Dinamik (VT)			Statik (V)	Dinamik (VT)	
	kN	kN			kN	kN	
Model A	963,0	818,5	85%	836,0	710,6	85%	
Model B	1009,0	857,6	85%	910,3	773,7	85%	
Model C	1114,6	947,4	85%	1008,8	857,5	85%	
Model D	1238,2	1052,4	85%	1120,7	952,6	85%	
Model E	1384,6	1176,9	85%	1255,8	1067,4	85%	
Model F	1553,6	1320,6	85%	1416,8	1204,2	85%	
Model G	1624,1	1380,5	85%	1597,8	1358,2	85%	
Model H	1627,6	1383,5	85%	1627,6	1383,5	85%	
Model I	1631,1	1386,4	85%	1631,1	1386,4	85%	
Model J	1634,6	1388,7	85%	1634,6	1389,4	85%	
Model K	1638,1	1392,4	85%	1638,1	1392,4	85%	
Model L	888,2	754,9	85%	784,4	666,8	85%	

Gaya geser dasar untuk seluruh pemodelan memenuhi persyaratan yang ada.

**Displacement Total Struktur**

Displacement adalah simpangan total yang terjadi pada struktur yang diakibatkan oleh beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Displacement pada struktur tidak boleh melebihi H/240. Dimana H adalah tinggi struktur.

Tabel 3. Kontrol Displacement Seluruh Model Akibat Gempa Dinamik Arah X

Model	Tinggi Struktur (H)	Displacement (δ)	H/240	Kontrol
	m			
A	33	20,063	137,5	OK
B	33	20,033	137,5	OK
C	33	19,531	137,5	OK
D	33	18,652	137,5	OK
E	33	17,397	137,5	OK
F	33	15,916	137,5	OK
G	33	13,357	137,5	OK
H	33	10,543	137,5	OK
I	33	9,222	137,5	OK
J	33	7,434	137,5	OK
K	33	7,134	137,5	OK
L	30	22,475	125	OK

Displacement untuk seluruh pemodelan akibat gempa dinamik arah x memenuhi persyaratan dengan pemodelan yang menghasilkan displacement terkecil adalah struktur dengan pemasangan bracing sampai pada lantai 9 (Model K) yaitu 7,134 mm.

Tabel 4. Kontrol Displacement Seluruh Model Akibat Gempa Dinamik Arah Y

Model	Tinggi Struktur (H)	Displacement (δ)	H/240	Kontrol
	m			
A	33	24,441	137,5	OK
B	33	23,266	137,5	OK
C	33	22,361	137,5	OK
D	33	21,509	137,5	OK
E	33	20,233	137,5	OK
F	33	18,669	137,5	OK
G	33	17,048	137,5	OK
H	33	13,701	137,5	OK
I	33	12,146	137,5	OK
J	33	9,412	137,5	OK
K	33	9,023	137,5	OK
L	30	24,140	125	OK

Displacement untuk seluruh pemodelan akibat gempa dinamik arah y memenuhi persyaratan dengan pemodelan yang menghasilkan displacement terkecil adalah struktur dengan pemasangan bracing sampai pada lantai 9 (Model K) yaitu 9,023 mm.

**Simpangan Antar Tingkat**

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.12.1, simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ) yang dapat dilihat pada Tabel 16 SNI 1726-2012.

Tabel 5. Kontrol Simpangan Antar Tingkat pada Seluruh Pemodelan Akibat Gempa Dinamik

Lantai	Elevasi	Simpangan Antar Tingkat							
		Model A		Model B		Model C		Model D	
		$\Delta$	$\Delta_a$	$\Delta$	$\Delta_a$	$\Delta$	$\Delta_a$	$\Delta$	$\Delta_a$
m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
10	0	4,4	46,2	4,8	46,2	5,6	46,2	6,5	46,2
9	3	6,3	46,2	6,9	46,2	8,0	46,2	9,2	46,2
8	3	8,6	46,2	9,3	46,2	10,8	46,2	12,2	46,2
7	3	10,8	46,2	11,7	46,2	13,3	46,2	14,8	46,2
6	3	12,8	46,2	13,7	46,2	15,4	46,2	16,4	46,2
5	3	14,4	46,2	15,3	46,2	16,4	46,2	16,3	46,2
4	3	15,3	46,2	15,9	46,2	16,0	46,2	12,9	46,2
3	3	15,2	46,2	15,3	46,2	12,4	46,2	6,1	46,2
2	3	13,1	46,2	11,9	46,2	5,5	46,2	4,1	46,2
1	3	9,3	92,3	5,4	92,3	4,0	92,3	4,2	92,3
Base	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel 5. Lanjutan (1)

Lantai	Elevasi	Simpangan Antar Tingkat							
		Model E		Model F		Model G		Model H	
		$\Delta$	$\Delta_a$	$\Delta$	$\Delta_a$	$\Delta$	$\Delta_a$	$\Delta$	$\Delta_a$
m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
10	0	7,3	46,2	8,1	46,2	7,9	46,2	6,7	46,2
9	3	10,3	46,2	11,2	46,2	10,6	46,2	8,4	46,2
8	3	13,4	46,2	14,0	46,2	12,4	46,2	8,2	46,2
7	3	15,6	46,2	15,1	46,2	11,0	46,2	5,1	46,2
6	3	16,1	46,2	12,7	46,2	6,1	46,2	4,4	46,2
5	3	13,1	46,2	6,6	46,2	4,8	46,2	4,7	46,2
4	3	6,4	46,2	4,9	46,2	5,0	46,2	4,9	46,2
3	3	4,6	46,2	4,9	46,2	5,1	46,2	5,1	46,2
2	3	4,3	46,2	4,8	46,2	5,0	46,2	5,0	46,2
1	3	4,7	92,3	5,3	92,3	5,6	92,3	5,6	92,3
Base	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel 5. Lanjutan (2)

Lantai	Elevasi	Simpangan Antar Tingkat					
		Model I		Model J		Model K	
		$\Delta$	$\Delta_a$	$\Delta$	$\Delta_a$	$\Delta$	$\Delta_a$
m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
10	0	4,5	46,2	2,7	46,2	1,6	46,2
9	3	5,2	46,2	2,6	46,2	2,1	46,2
8	3	4,1	46,2	2,9	46,2	2,9	46,2
7	3	4,1	46,2	3,5	46,2	3,5	46,2
6	3	4,7	46,2	4,1	46,2	4,1	46,2
5	3	5,1	46,2	4,5	46,2	4,5	46,2
4	3	5,4	46,2	4,9	46,2	4,8	46,2
3	3	5,6	46,2	5,1	46,2	5,1	46,2
2	3	5,6	46,2	5,0	46,2	5,0	46,2
1	3	6,4	92,3	5,6	92,3	5,6	92,3
Base	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel 5. Lanjutan (3)

Lantai	Elevasi	Simpangan Antar Tingkat	
		Model L	
		$\Delta$	$\Delta_a$
m	mm	mm	
10	0	5,4	46,2
9	3	7,5	46,2
8	3	10,2	46,2
7	3	12,7	46,2
6	3	14,9	46,2
5	3	16,7	46,2
4	3	17,6	46,2
3	3	17,2	46,2
2	3	14,5	46,2
1	3	7,0	46,2
Base	3	0,0	0,0

Simpangan antar tingkat untuk seluruh pemodelan memenuhi persyaratan yang ada.

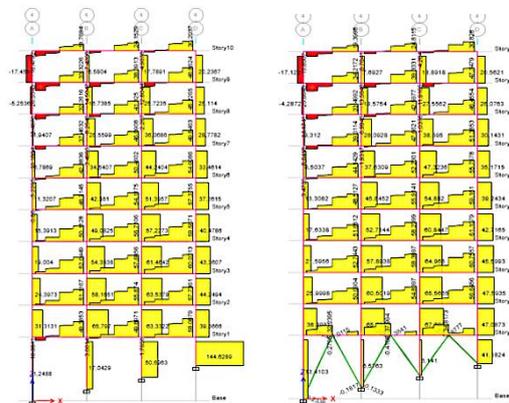
**Gaya Geser Kolom Tingkat Pertama**

Hasil gaya geser kolom tingkat pertama yang dihitung dengan menggunakan *software* ETABS 2016 sebagai berikut.

**Arah X**

Tabel 6. Gaya Geser Kolom Tingkat Pertama Akibat Gempa Dinamik Arah X (Model A-Model K)

Pemodelan	Gaya Geser Kolom Tingkat Pertama			
	2,7 m	3,8 m	4,9 m	6 m
	kN	kN	kN	kN
Model A	144,629	50,696	17,043	1,249
Model B	41,182	6,141	6,576	13,410
Model C	69,977	30,109	13,326	4,126
Model D	75,710	32,293	14,964	5,892
Model E	84,776	37,103	17,525	7,030
Model F	95,388	42,017	19,935	8,135
Model G	99,720	44,038	20,922	8,593
Model H	99,923	44,184	21,016	8,699
Model I	100,199	44,366	21,137	8,831
Model J	100,378	44,489	21,220	8,930
Model K	100,612	44,622	21,297	9,002



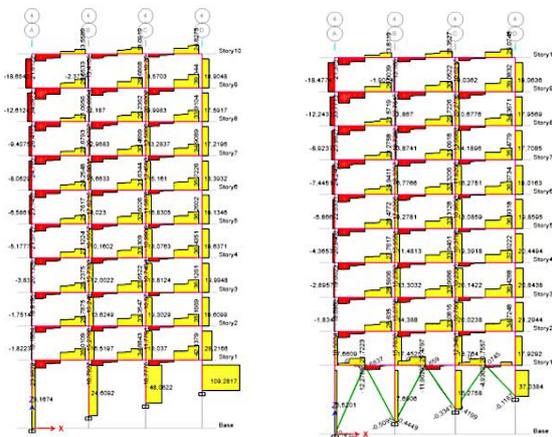
Gambar 6. Perbandingan Gaya Geser Kolom Tingkat Pertama Model A dan Model B Akibat Gempa Dinamik Arah X

Pemodelan yang menghasilkan gaya geser kolom pendek terkecil adalah model struktur dengan penempatan *bracing* pada lantai dasar (Model B) jika dibandingkan dengan 11 variasi pemodelan struktur lainnya dengan selisih 66,1% dari Model A.

**Arah Y**

Tabel 7. Gaya Geser Kolom Tingkat Pertama Akibat Gempa Dinamik Arah Y (Model A-Model K)

Pemodelan	Gaya Geser Kolom Tingkat Pertama			
	2,7 m	3,8 m	4,9 m	6 m
	kN	kN	kN	kN
Model A	109,282	48,062	24,609	9,167
Model B	37,038	16,276	7,691	5,520
Model C	39,357	19,132	11,269	7,030
Model D	44,553	21,952	12,327	7,749
Model E	50,775	25,272	14,279	8,971
Model F	57,991	29,158	16,524	10,433
Model G	65,925	33,404	18,954	11,987
Model H	67,671	34,392	19,539	12,397
Model I	68,838	35,017	19,895	12,618
Model J	69,474	35,357	20,087	12,739
Model K	69,682	35,478	20,156	12,794



Gambar 7. Perbandingan Gaya Geser Kolom Tingkat Pertama Model A dan Model B Akibat Gempa Dinamik Arah Y

Pemodelan yang menghasilkan gaya geser kolom pendek terkecil adalah struktur dengan penempatan *bracing* pada lantai dasar (Model B) jika dibandingkan dengan 11 variasi pemodelan struktur lainnya dengan selisih 71,5% dari Model A.

Tabel 8. Gaya Geser Kolom Tingkat Pertama Akibat Gempa Dinamik Arah X (Model A dan Model L)

Panjang Kolom		Arah X			Arah Y		
Model A	Model L	Gaya Geser Kolom		Selisih (%)	Gaya Geser Kolom		Selisih (%)
		Model A	Model L		Model A	Model L	
m		kN			kN		
2,7	3	144,63	49,99	65,4%	109,28	18,64	82,9%
3,8	3	50,70	51,42	1,4%	48,06	12,95	73,1%
4,9	3	17,04	52,02	205,2%	24,61	13,55	44,9%
6	3	1,25	34,29	2646,0%	9,17	2,95	67,8%

Pola distribusi gaya geser kolom tingkat pertama akibat gempa dinamik arah x dan arah y untuk Model L lebih merata dibandingkan dengan pola distribusi gaya geser kolom tingkat pertama untuk Model A.

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Berdasarkan pemodelan, analisis data dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Struktur dengan penempatan *bracing* sampai pada lantai 9 (Model K) menghasilkan gaya geser dasar terbesar jika dibandingkan dengan pemodelan struktur lainnya yang berdiri di atas tanah miring yaitu sebesar 1392,4 kN.
2. Semua pemodelan struktur memenuhi syarat batasan *displacement* dan simpangan antar tingkat. Pemodelan struktur yang berdiri di atas tanah miring dengan pemasangan *bracing* sampai pada lantai 9 (Model K) menghasilkan *displacement* terkecil yaitu sebesar 7,134 mm untuk arah x dan 9,023 mm untuk arah y.
3. Pemodelan struktur bangunan dengan pemasangan *bracing* pada lantai dasar (Model B) paling tepat dan efisien untuk struktur yang berdiri di atas tanah miring karena menghasilkan gaya geser kolom pendek paling kecil dibandingkan pemodelan lainnya yaitu 41,182 kN untuk arah x dan 37,038 kN untuk arah y. Respons struktur yang dihasilkan oleh Model B seperti periode struktur, *displacement* dan simpangan antar tingkat juga telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

4. Perbedaan untuk struktur bangunan simetris tanpa *bracing* dan struktur bangunan yang berdiri di atas tanah miring tanpa *bracing* adalah pada pola distribusi gaya geser kolom tingkat pertama. Pola distribusi gaya geser kolom tingkat pertama struktur bangunan simetris lebih merata dibandingkan dengan struktur bangunan yang berdiri di atas tanah miring.
5. Hasil respons struktur untuk arah x dan arah y berbeda karena variasi tinggi kolom pada lantai dasar dan pembebanan untuk arah x dan arah y berbeda.
6. Jika profil dan dimensi penampang baja diperkecil maka tidak akan memenuhi syarat batasan periode meskipun untuk respon struktur lainnya sudah memenuhi syarat batasan yang ada.

#### Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu, dapat dilakukan penelitian dengan mencoba orientasi profil kolom baja lainnya terhadap perilaku dinamik struktur secara keseluruhan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729-2015)*. Jakarta.
- Dewayanti, Oryza, Kumaat, E. J., Dapas, S. O., 2013. *Perhitungan Simpangan Struktur Bangunan Bertingkat (Studi Komparasi Model Pembalokan Arah Radial dan Grid)*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.11, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Erwinsyah, Fillino., Windah, R. S., Dapas, S. O., & Wallah, S. E., 2013. *Perhitungan Gaya Geser pada Bangunan Bertingkat yang Berdiri di Atas Tanah Miring Akibat Gempa dengan Cara Dinamis*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.3, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Jansen, L. P. S., Dapas, S. O., Pandaleke, R., 2016. *Studi Komparasi Simpangan Bangunan Baja Bertingkat Banyak yang Menggunakan Bracing-X dan Bracing-K Akibat Beban Gempa*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.2, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Nelwan, I. T., Wallah, S. E., & Dapas, S. O., 2018. *Respon Dinamis Bangunan Bertingkat Banyak dengan Soft First Story dan Penggunaan Braced Frames Element terhadap Beban Gempa*. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.3, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sidara, S. C. X, Sumajouw, M. D. J., Pandaleke, R., 2017. *Evaluasi Kekuatan Balok Beton Bertulang dengan Balok Komposit Baja Menggunakan Floor Deck*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.9, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.

The, Femmy., Sumajouw, M. D. J., Wallah, S. E., Windah, R. S., 2012. *Optimasi Jarak Antar Dua Bangunan Gedung Bertingkat yang Bersebelahan dengan Memperhitungkan Pengaruh Gempa*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.1, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Windah, Reky., 2011. *Penggunaan Braced Frames Element Sebagai Elemen Penahan Gempa pada Portal Bertingkat Banyak*. Jurnal Tekno Vol.9 No.55, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Halaman ini sengaja dikosongkan