

## RESPONS DINAMIK STRUKTUR RANGKA BAJA MENARA AIR DENGAN VARIASI ELEMEN PENGAKU LATERAL

Danny Steven Poluan

Ronny Pandaleke, Servie O. Dapas

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: danny\_poluan@yahoo.com

### ABSTRAK

*Struktur rangka baja menara air dengan bresing pada dasarnya di buat untuk menahan tekanan dari atas tampungan air di dalam tangki. Struktur rangka baja yang di desain pun rentan terhadap adanya gempa yang bisa terjadi kapan saja sehingga menimbulkan simpangan pada struktur. SNI 1726:2012 mengatur tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung serta metode analisis dinamik respons spektrum yang dapat digunakan untuk mengevaluasi suatu struktur yang diberikan beban dinamik.*

*Dalam penelitian ini dilakukan dengan membuat berbagai variasi penggunaan bresing pada rangka baja dan variasi berdasarkan kemiringan menara untuk kemudian membandingkan hasil simpangan struktur yang terjadi pada setiap variasi yang dibuat serta melakukan evaluasi hasil simpangan struktur terhadap simpangan antar lantai tingkat ijin.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa simpangan yang terjadi pada elemen pengaku lateral inverted v bracing menghasilkan simpangan struktur paling kecil dan penelitian ini juga menunjukkan bahwa kemiringan struktur rangka baja menara air sangat berpengaruh pada besarnya simpangan struktur. Semakin besar kemiringan menara maka semakin kecil simpangan struktur yang terjadi.*

**Kata Kunci :** SNI 1726:2012, Menara Air, Bresing, Analisis Ragam Respons Spektrum, Simpangan

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang dilalui oleh tiga lempeng pada kerak bumi, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik dan lempeng India-Australia. Hal ini merupakan salah satu penyebab terjadinya gempa bumi. Gempa bumi yang terjadi seringkali menelan banyak korban jiwa. Dapat dipastikan bahwa korban jiwa tersebut bukan diakibatkan secara langsung oleh gempa, tetapi diakibatkan oleh keruntuhan suatu struktur bangunan yang terjadi setelah gempa berlangsung.

Indonesia memiliki 6 zona gempa yang berpotensi terjadi di seluruh wilayah daerah. Dimana zona 1 merupakan wilayah dengan kegempaan yang rendah dan zona 6 merupakan wilayah dengan kegempaan tinggi. Aktivitas seismik yang tinggi menyebabkan perencanaan struktur harus memperhatikan aspek dinamis akibat gempa. Beban dinamik merupakan beban gempa yang sulit ditebak dan bersifat acak. Gerakan tanah akibat gempa menyebabkan simpangan yang terjadi. Semakin tinggi suatu struktur semakin besar pula simpangan lateral yang terjadi akibat beban dinamik.

Dalam perencanaan struktur rangka menara air ini menggunakan material baja. Tujuan dari perencanaan struktur menurut Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002) adalah menghasilkan suatu struktur yang stabil, cukup kuat, awet dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti ekonomi dan kemudahan dalam pelaksanaan. Suatu struktur disebut stabil jika tidak mudah terguling, miring, atau tergeser selama umur rencana suatu bangunan. Suatu struktur yang awet semestinya tidak memerlukan biaya perawatan yang berlebihan selama umur rencana suatu bangunan.

Konstruksi baja yang digunakan dalam perencanaan menggunakan pengaku untuk menambah kekakuan lateral agar menahan simpangan lateral yang diakibatkan oleh gempa. Pemilihan jenis pengaku lateral yang dipakai mempengaruhi terjadinya simpangan struktur akibat aktivitas kegempaan.

Setiap bangunan menara strukturnya harus direncanakan dan dilaksanakan agar kuat, kokoh dan stabil dalam memikul beban/kombinasi beban dan memenuhi persyaratan keselamatan (*safety*) serta memenuhi persyaratan kelayakan

(*serviceability*) selama umur layanan yang direncanakan dengan mempertimbangkan fungsi bangunan menara, lokasi, keawetan dan kemungkinan pelaksanaan konstruksinya.

### Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas adalah untuk mengevaluasi besarnya pengaruh variasi pemilihan jenis pengaku lateral pada struktur rangka menara air yang ditinjau akibat beban dinamik.

### Batasan Masalah

- Batasan masalah adalah sebagai berikut:
- Struktur menara dari konstruksi rangka baja.
  - Profil baja yang digunakan adalah profil siku sama kaki.
  - Analisis dinamik yang dimaksud dalam penelitian ini adalah analisis ragam respon spektrum.
  - Analisis simpangan dilakukan dengan menggunakan software SAP2000 v.20.2 yang ditinjau secara 3 dimensi.
  - Konstruksi menara menggunakan sambungan baut yang tidak ditinjau.
  - Pondasi struktur terjepit kaku pada tanah sehingga tidak memasukan perhitungan bangunan bawah.
  - Beban dinamik yang dipakai pada wilayah Kota Manado dengan kelas situs SD (tanah sedang).

### Tujuan Penelitian

- Tujuan penelitian adalah:
- Menghitung simpangan lateral yang terjadi pada struktur menara dengan variasi penggunaan elemen pengaku lateral serta variasi kemiringan menara.
  - Membandingkan hasil analisis dinamik respons spektrum pada setiap variasi pemodelan struktur rangka baja menara.

### Manfaat Penelitian

Mengetahui berapa besar simpangan yang terjadi pada struktur rangka baja menara air akibat beban dinamik. Perencana dapat mengetahui perubahan perilaku struktur menara air dengan variasi pemilihan elemen pengaku lateral.

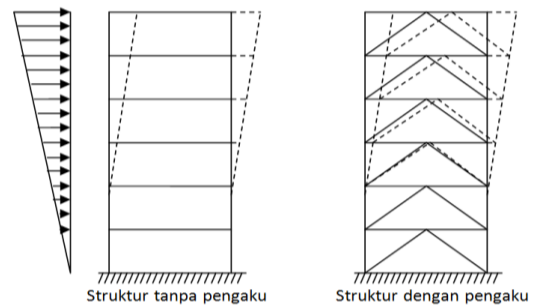
## LANDASAN TEORI

### Sistem Struktur

Struktur rangka merupakan bentuk yang paling umum yang terdiri dari balok dan kolom

yang bekerja sama dalam suatu kesatuan yang utuh dalam menahan beban yang bekerja. Sistem struktur terbagi menjadi dua bagian yaitu sistem struktur vertikal dan sistem struktur horisontal. Sistem struktur vertikal mencakup sistem struktur lateral yang dapat meningkatkan nilai kekakuan dan kekuatan komponen vertikal. Sedangkan sistem horisontal mencakup pengaku-pengaku horisontal (*horizontal bracing*).

Untuk menahan aksi gaya-gaya luar, elemen-elemen stuktur secara umum akan memberikan perlawanan atau reaksi dalam bentuk momen lentur, gaya geser, gaya aksial dan torsi. Analisis yang dilakukan akan dapat memberikan informasi dari gaya-gaya reaksi tersebut. Struktur portal baja tahan gempa terdiri dari dua tipe sebagai penahan bebas lateral antara lain : sistem rangka penahan momen (*momen resisting frames*) dan sistem rangka pengaku (*braced frame*).



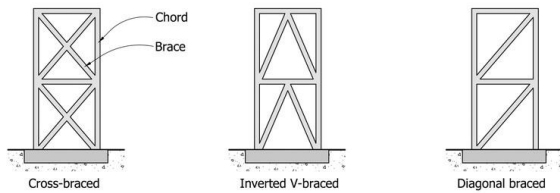
Gambar 1. Perilaku Struktur Menerima Beban Dinamik

### Elemen Pengaku Portal (*Braced Frames Element*)

*Braced frames* adalah portal yang dilengkapi dengan batang penopang (*bracing*) untuk mengurangi perpindahan lateral atau untuk memperoleh stabilitas struktur. Penambahan penopang (*bracing*) pada struktur gedung akan meningkatkan kekakuan hal ini disebabkan karena penggunaan (*bracing*) akan memperpendek jarak balok atau kolom sehingga struktur menjadi lebih kaku. Selain itu dapat pula meningkatkan kekuatan bangunan ini disebabkan karena besarnya gaya-gaya yang terjadi akan didistribusikan ke semua elemen struktur termasuk penopang (*bracing*) sehingga momen yang terjadi akan lebih kecil.

Alasan penambahan bresing pada struktur bangunan untuk menambah kekuatan dan kekakuan struktur sehingga secara efektif dapat mengurangi drift dan menahan deformasi pada suatu bangunan tinggi. Penggunaan penopang (*bracing*) dapat mengurangi waktu getar alami

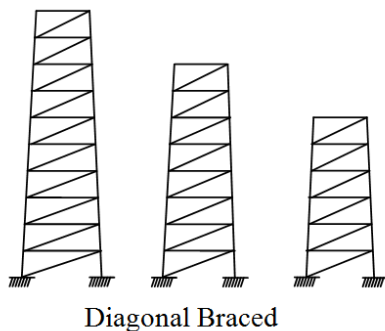
struktur. Massa bangunan dan kekakuan akan berpengaruh pada waktu getar alami. Hal ini disebabkan karena massa bangunan akan bertambah besar karena adanya penopang (*bracing*), jarak antar balok atau kolom menjadi lebih kecil sehingga kekakuannya menjadi lebih besar ini akan menyebabkan waktu getar alami struktur berpenopang (*bracing*) akan berkurang dibandingkan dengan struktur yang tidak berpenopang.



Gambar 2. Bentuk-bentuk Elemen Pengaku (*Braced Frame*)

### Bentuk-bentuk *Braced Frames* *Diagonal Bracing*

Bentuk *diagonal bracing* akan memerlukan jumlah batang yang lebih sedikit dibandingkan dengan bentuk-bentuk *bracing* yang lain, karena hanya disusun oleh sebuah batang diagonal yang diletakkan secara menyilang pada portal. Untuk desain terhadap beban dinamis seperti beban gempa dengan gaya lateral bolak-balik (dua arah), maka *diagonal bracing* harus direncanakan terhadap gaya tarik dan gaya tekan, karena gaya lateral bolak-balik tersebut hanya akan ditahan oleh satu batang diagonal saja.

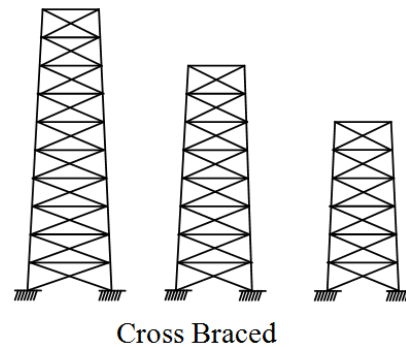


Gambar 3. Elemen Pengaku *Diagonal Braced*

### *Cross Bracing*

*Cross Bracing* dikatakan sebagai pengembangan dari bentuk *diagonal bracing*. Bentuk *X-bracing* akan membutuhkan jumlah batang yang lebih banyak dibandingkan dengan *diagonal bracing*, karena dilengkapi oleh dua batang diagonal yang saling menyilang yang dapat menahan gaya tarik dan gaya tekan. Sering

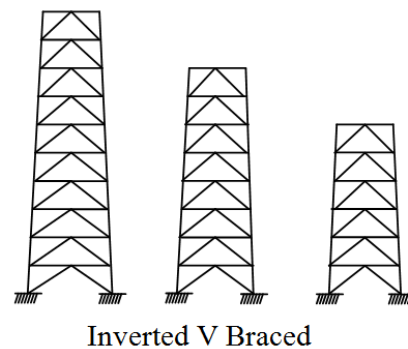
diasumsikan *bracing* ini hanya berfungsi sebagai batang tarik saja, karena beban gempa dengan gaya lateral bolak-balik (dua arah) akan selalu ditahan oleh salah satu batang tarik.



Gambar 4. Elemen Pengaku *Cross Braced*

### *Inverted V Bracing*

Pada sistem bresing *inverted V*, kedua batang diagonal akan sama-sama menahan beban horizontal. Beban gravitasi yang mengakibatkan gaya aksial bresing *inverted V*. Ketika bresing ini menahan balok pada tengah bentang, akan mengurangi bentang balok efektif dan kapasitas momen plastis yang terjadi. Keuntungan bresing *inverted V* adalah dimana kedua batang bresing akan sama-sama memikul beban horizontal dan mengurangi profil dimensi balok sehingga secara ekonomis lebih menguntungkan.



Gambar 5. Elemen Pengaku *Inverted V Braced*

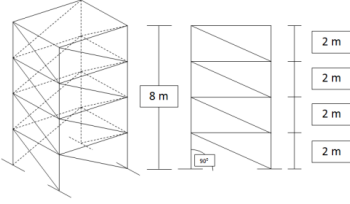
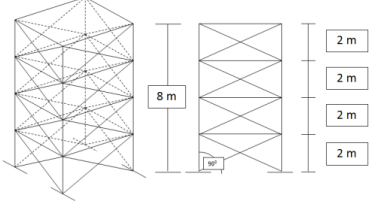
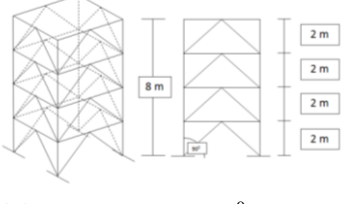
## METODOLOGI PENELITIAN

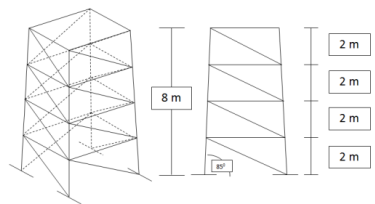
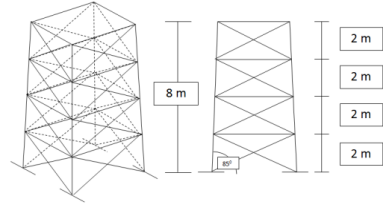
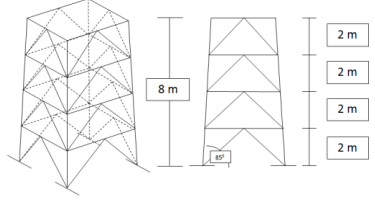
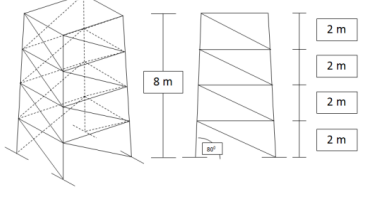
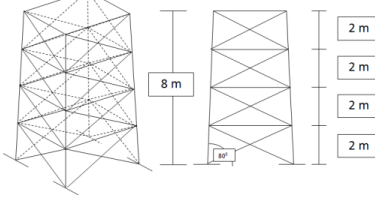
Penelitian ini menggunakan analisa yang difokuskan untuk mengetahui perilaku struktur rangka baja menara air tiga dimensi, dengan menggunakan variasi dalam pemakaian elemen pengaku lateral (*braced frame*) pada rangka baja. Tiga variasi elemen pengaku yang dipakai adalah *diagonal bracing*, *cross bracing* dan *inverted V*

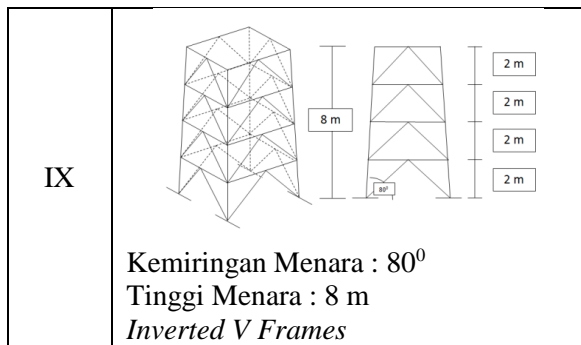
*bracing*. Selain itu, analisa ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kemiringan rangka baja menara air yang diberikan beban dinamik.

Metode analisa penelitian ini dilakukan dalam 3 tahap yaitu input, analisa dan output. Tahapan input meliputi variasi pemodelan struktur tiga dimensi rangka baja serta penentuan jenis beban yang dipakai. Tahapan analisa meliputi analisa struktur rangka baja dengan memasukan analisis gempa menggunakan program SAP2000 v.20.2 untuk mengetahui perilaku struktur berupa simpangan struktur yang terjadi pada setiap variasi pemodelan struktur. Tahap output meliputi hasil analisa struktur rangka baja akibat beban gempa yang diberikan.

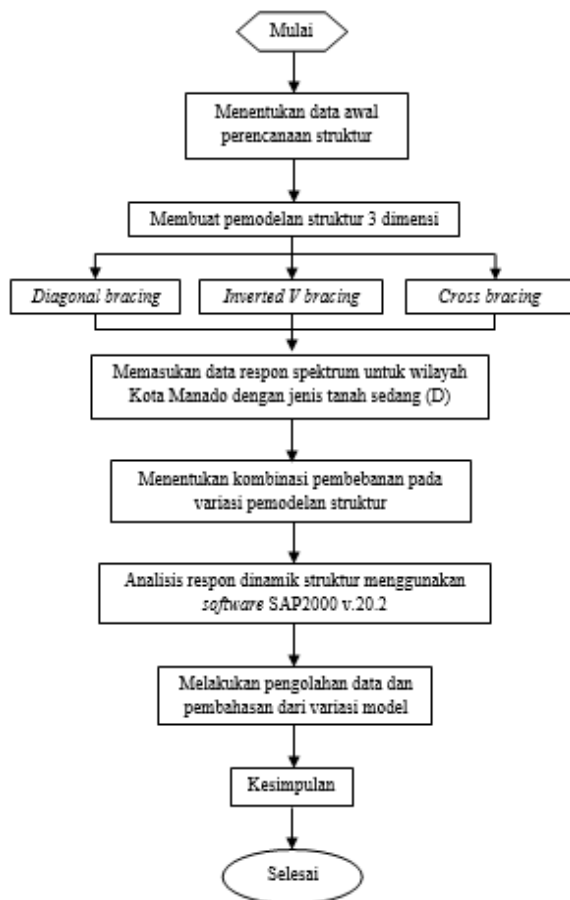
Tabel 1. Variasi Pemodelan Struktur

Mode I	Model Struktur
I	 <p>Kemiringan Menara : 90<sup>0</sup> Tinggi Menara : 8 m <i>Diagonal Frames</i></p>
II	 <p>Kemiringan Menara : 90<sup>0</sup> Tinggi Menara : 8 m <i>Cross Frames</i></p>
III	 <p>Kemiringan Menara : 90<sup>0</sup> Tinggi Menara : 8 m <i>Inverted V Frames</i></p>

IV	 <p>Kemiringan Menara : 85<sup>0</sup> Tinggi Menara : 8 m <i>Diagonal Frames</i></p>
V	 <p>Kemiringan Menara : 85<sup>0</sup> Tinggi Menara : 8 m <i>Cross Frames</i></p>
VI	 <p>Kemiringan Menara : 85<sup>0</sup> Tinggi Menara : 8 m <i>Inverted V Frames</i></p>
VII	 <p>Kemiringan Menara : 80<sup>0</sup> Tinggi Menara : 8 m <i>Diagonal Frames</i></p>
VIII	 <p>Kemiringan Menara : 80<sup>0</sup> Tinggi Menara : 8 m <i>Cross Frames</i></p>



Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 6. Diagram Alir Proses Penelitian

### Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Menentukan data-data yang mendukung dalam perencanaan struktur, seperti model struktur dan beban yang akan digunakan.
2. Membuat pemodelan struktur tiga dimensi dengan variasi pemilihan elemen pengaku (*braced frames*).

3. Memasukan data respon spektrum untuk wilayah Kota Manado dengan jenis tanah sedang (D)
4. Menentukan jenis pembebanan dan melakukan perhitungan beban serta memasukan tiap beban pada model struktur.
5. Melakukan analisa struktur terhadap tiap variasi model struktur dengan menggunakan *software* SAP2000 v.20.2.
6. Mengolah data dan melakukan perbandingan data hasil analisa antar tiap variasi model struktur.
7. Mengambil kesimpulan berdasarkan hasil perbandingan dan melakukan pembahasan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

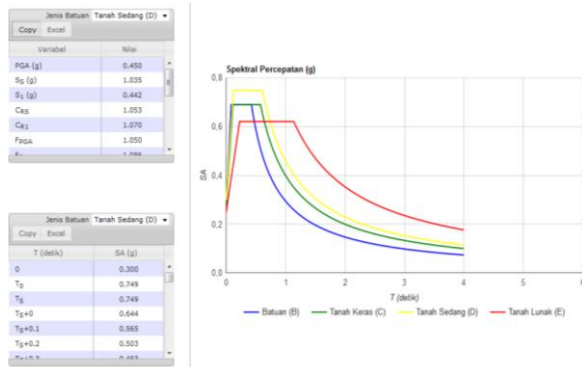
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Struktur dan Material

- Fungsi struktur: Menara air
- Tinggi menara: 8 m
- Tinggi tiap tingkat: 2 m
- Profil penampang: Menggunakan profil siku sama kaki
  1. Profil L 60 x 60 x 6
    - H : 60 mm
    - B : 60 mm
    - $t_w$  : 6 mm
    - $t_f$  : 6 mm
    - A : 6.91 cm<sup>2</sup>
    - Unit weight : 5.42 kg/m
  2. Profil L 80 x 80 x 8
    - H : 80 mm
    - B : 80 mm
    - $t_w$  : 8 mm
    - $t_f$  : 8 mm
    - A : 12.3 cm<sup>2</sup>
    - Unit weight : 9.66 kg/m
- Mutu baja: BJ 37
  - Tegangan leleh ( $f_y$ ): 240 Mpa
  - Tegangan putus ( $f_u$ ): 370 Mpa
- Modulus elastisitas (E): 200000 Mpa
- Berat jenis baja: 7850 kg/m<sup>3</sup>
- Koefisien pemuaian ( $\alpha$ ):  $1.2 \times 10^{-5}$
- Nisbah poisson ( $\mu$ ): 0.3
- Beban mati (DL dan SDL)
  - Berat sendiri struktur (DL)
  - Beban tangki air (SDL): 2000 liter = 2000 kg

**Data Analisis Respon Spektrum**

Menggunakan data gempa wilayah Kota Manado  
(Sumber: <http://puskim.pu.go.id>)



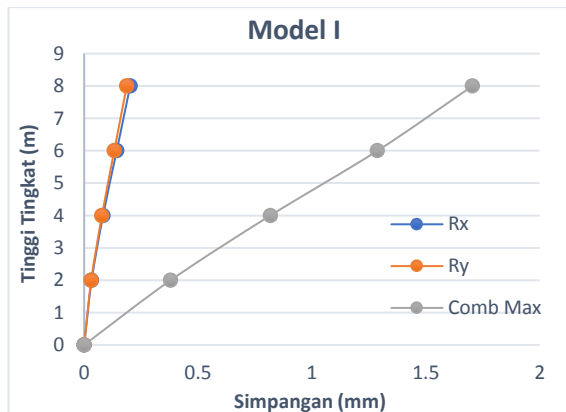
Gambar 7. Data Respon Spektrum Kota Manado

- Jenis batuan : Tanah sedang (D)
- $S_s$  (g) : 1.035
- $S_1$  (g) : 0.442

**Pembahasan Model Struktur**

**Model I**

Jenis bresing : *Diagonal Bracing*  
Kemiringan :  $90^0$

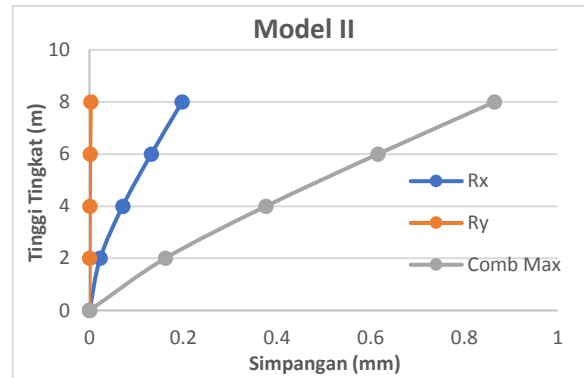


Gambar 8. Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model I

Pada variasi struktur model I dengan penggunaan *diagonal bracing* dan kemiringan menara  $90^0$  menunjukkan bahwa nilai simpangan respon spektrum arah x sebesar 0.202 mm, untuk respons spektrum arah y sebesar 0.187 mm dan nilai simpangan untuk kombinasi maksimum sebesar 1.705 mm.

**Model II**

Jenis bresing : *Cross Bracing*  
Kemiringan :  $90^0$

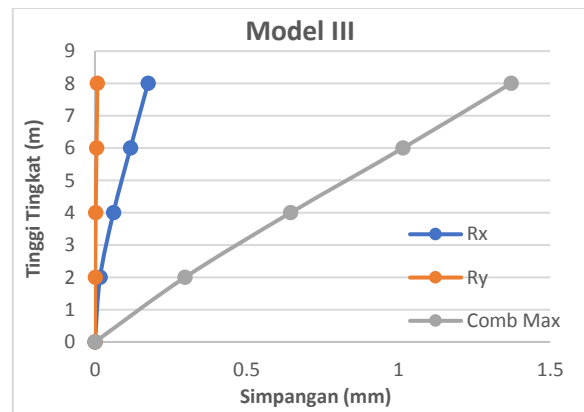


Gambar 9. Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model II

Pada variasi struktur model II dengan penggunaan *cross bracing* dan kemiringan menara  $90^0$  menunjukkan bahwa nilai simpangan respon spektrum arah x sebesar 0.198 mm, untuk respons spektrum arah y sebesar 0.003045 mm dan nilai simpangan untuk kombinasi maksimum sebesar 0.865 mm.

**Model III**

Jenis bresing : *Inverted V Bracing*  
Kemiringan :  $90^0$

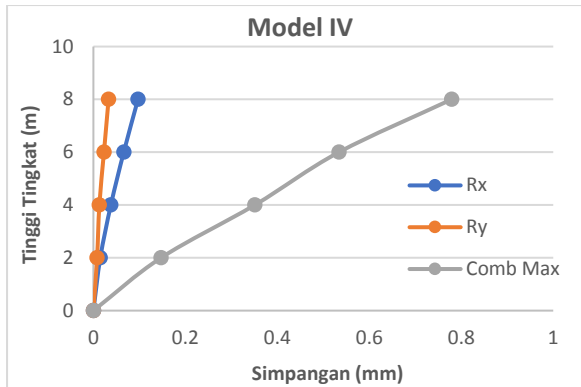


Gambar 10. Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model IV

Pada variasi struktur model III dengan penggunaan *inverted v bracing* dan kemiringan menara  $90^0$  menunjukkan bahwa nilai simpangan respon spektrum arah x sebesar 0.175 mm, untuk respons spektrum arah y sebesar 0.007939 mm dan nilai simpangan untuk kombinasi maksimum sebesar 1.371 mm.

**Model IV**

Jenis bresing : *Diagonal Bracing*  
 Kemiringan :  $85^{\circ}$

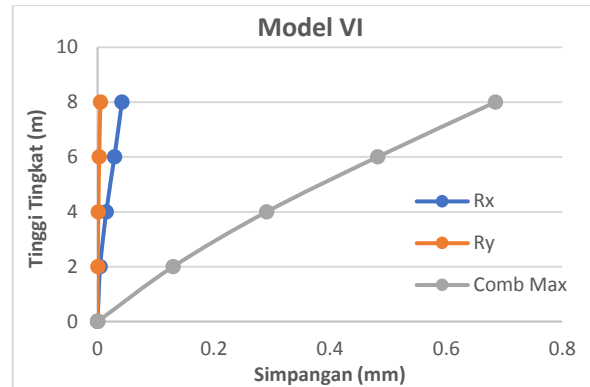


Gambar 11. Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model III

Pada variasi struktur model IV dengan penggunaan *diagonal bracing* dan kemiringan menara  $85^{\circ}$  menunjukkan bahwa nilai simpangan respon spektrum arah x sebesar 0.097 mm, untuk respons spektrum arah y sebesar 0.033 mm dan nilai simpangan untuk kombinasi maksimum sebesar 0.779 mm.

**Model VI**

Jenis bresing : *Inverted V Bracing*  
 Kemiringan :  $85^{\circ}$

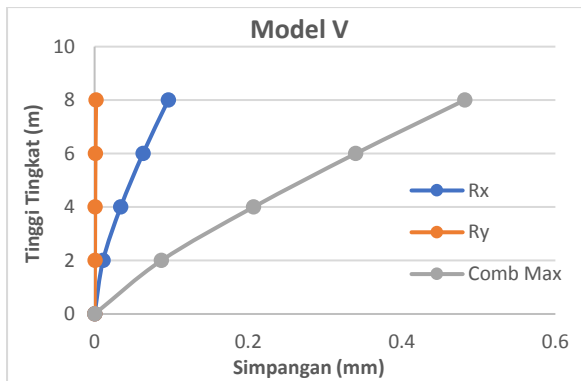


Gambar 13. Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model VI

Pada variasi struktur model VI dengan penggunaan *inverted v bracing* dan kemiringan menara  $85^{\circ}$  menunjukkan bahwa nilai simpangan respon spektrum arah x sebesar 0.042 mm, untuk respons spektrum arah y sebesar 0.004829 mm dan nilai simpangan untuk kombinasi maksimum sebesar 0.685 mm.

**Model V**

Jenis bresing : *Cross Bracing*  
 Kemiringan :  $85^{\circ}$

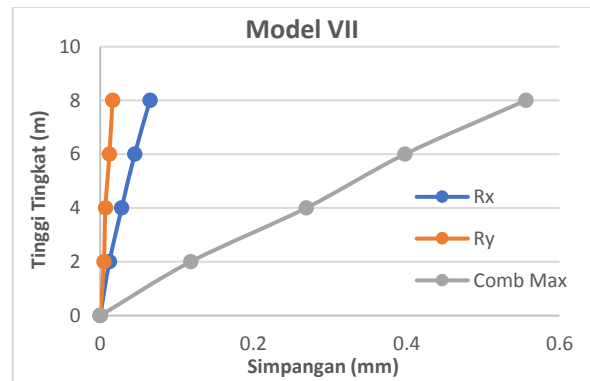


Gambar 12. Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model V

Pada variasi struktur model V dengan penggunaan *cross bracing* dan kemiringan menara  $85^{\circ}$  menunjukkan bahwa nilai simpangan respon spektrum arah x sebesar 0.096 mm, untuk respons spektrum arah y sebesar 0.001975 mm dan nilai simpangan untuk kombinasi maksimum sebesar 0.482 mm.

**Model VII**

Jenis bresing : *Diagonal Bracing*  
 Kemiringan :  $80^{\circ}$

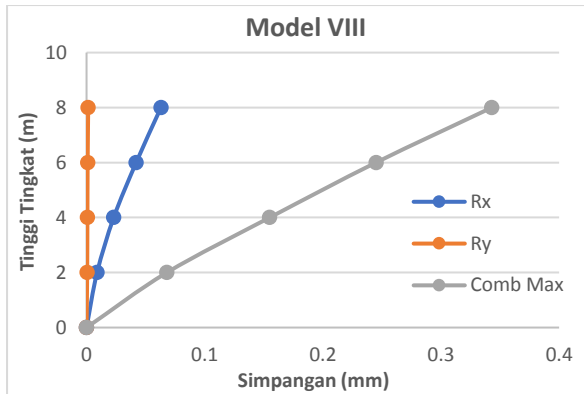


Gambar 14. Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model VII

Pada variasi struktur model VII dengan penggunaan *diagonal bracing* dan kemiringan menara  $80^{\circ}$  menunjukkan bahwa nilai simpangan respon spektrum arah x sebesar 0.065 mm, untuk respons spektrum arah y sebesar 0.016 mm dan nilai simpangan untuk kombinasi maksimum sebesar 0.556 mm.

**Model VIII**

Jenis bresing : *Cross Bracing*  
 Kemiringan :  $80^{\circ}$

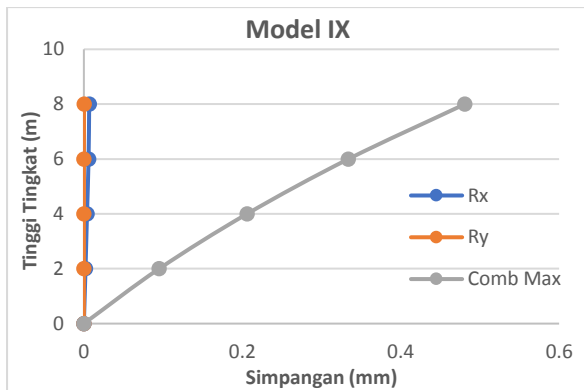


Gambar 15. Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model VIII

Pada variasi struktur model VIII dengan penggunaan *cross bracing* dan kemiringan menara  $80^{\circ}$  menunjukkan bahwa nilai simpangan respon spektrum arah x sebesar 0.063 mm, untuk respons spektrum arah y sebesar 0.001399 mm dan nilai simpangan untuk kombinasi maksimum sebesar 0.343 mm.

**Model IX**

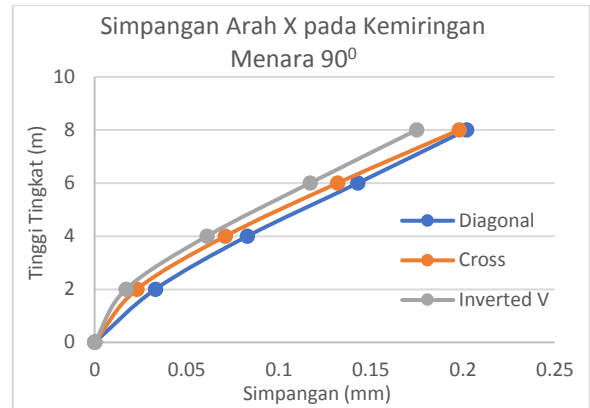
Jenis bresing : *Inverted V Bracing*  
 Kemiringan :  $80^{\circ}$



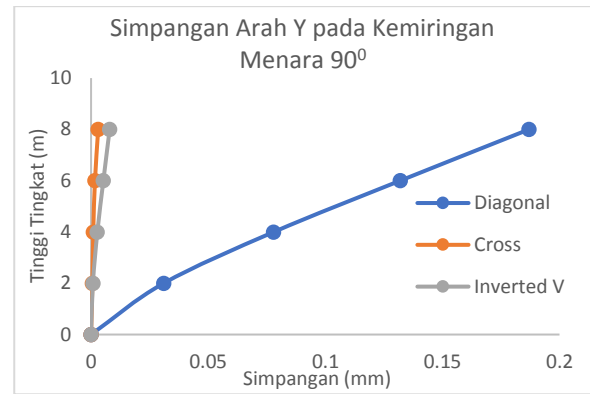
Gambar 16. Simpangan Tiap Tingkat pada Struktur Model IX

Pada variasi struktur model IX dengan penggunaan *inverted v bracing* dan kemiringan menara  $80^{\circ}$  menunjukkan bahwa nilai simpangan respon spektrum arah x sebesar 0.006726 mm, untuk respons spektrum arah y sebesar 0.000223 mm dan nilai simpangan untuk kombinasi maksimum sebesar 0.481 mm.

**Perbandingan Model Struktur Berdasarkan Variasi Bresing Kemiringan  $90^{\circ}$**



Gambar 17. Simpangan Akibat Respon Spektrum Arah X dengan Variasi Bresing pada Kemiringan  $90^{\circ}$

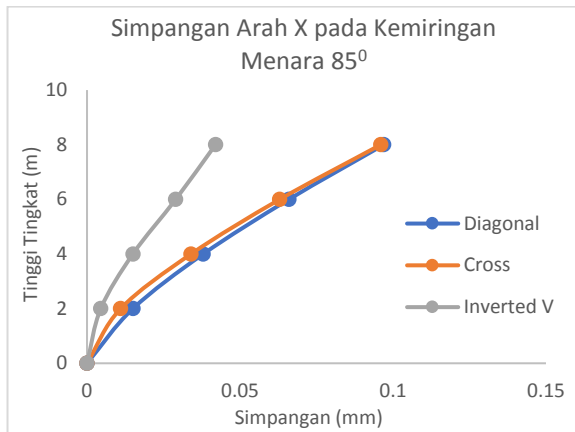


Gambar 18. Simpangan Akibat Respon Spektrum Arah Y dengan Variasi Bresing pada Kemiringan  $90^{\circ}$

Pada kedua gambar diatas menunjukkan bahwa adanya perbedaan simpangan yang terjadi akibat adanya penggunaan variasi bresing pada rangka menara dengan kemiringan  $90^{\circ}$ . Untuk arah X, grafik menunjukkan bahwa simpangan terbesar terjadi pada variasi dengan *diagonal bracing* kemudian diikuti oleh *cross bracing* dan yang memiliki simpangan terkecil yaitu variasi dengan menggunakan *inverted v bracing*. Untuk arah Y, simpangan terbesar terjadi pada variasi dengan *diagonal bracing*, *inverted v bracing* dan yang terkecil adalah *cross bracing*. Untuk respon spektrum arah X, hasil simpangan dengan *diagonal bracing* sebesar 0.201 mm, *cross bracing* sebesar 0.198 mm dan *inverted v bracing* sebesar 0.174 mm. Untuk respon spektrum arah Y, hasil simpangan dengan *diagonal bracing* sebesar 0.187 mm, *inverted v bracing* sebesar 0.007 mm dan *cross bracing* sebesar 0.003 mm.

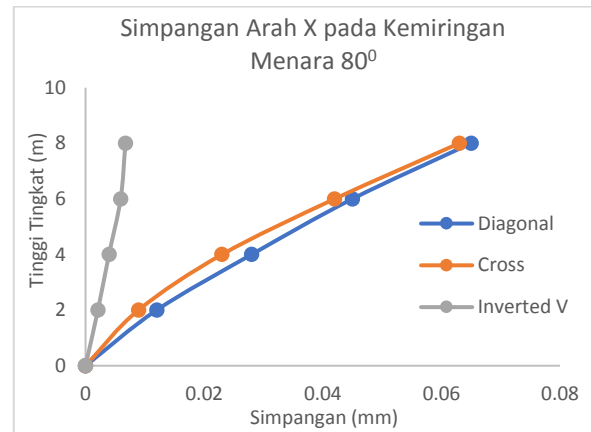


**Kemiringan 85°**

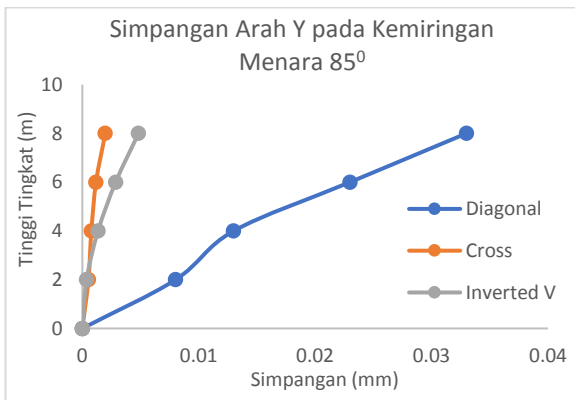


Gambar 19. Simpangan Akibat Respon Spektrum Arah X dengan Variasi Bresing pada Kemiringan 85°

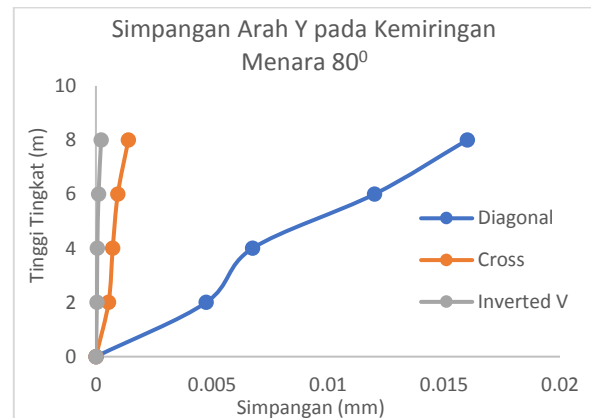
**Kemiringan 80°**



Gambar 21. Simpangan Akibat Respon Spektrum Arah X dengan Variasi Bresing pada Kemiringan 80°



Gambar 20. Simpangan Akibat Respon Spektrum Arah Y dengan Variasi Bresing pada Kemiringan 85°

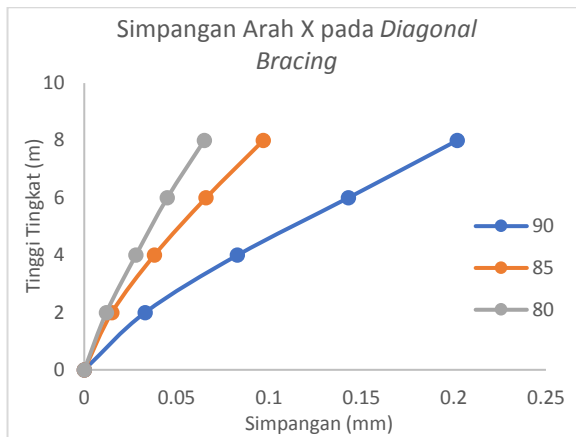


Gambar 22. Simpangan Akibat Respon Spektrum Arah Y dengan Variasi Bresing pada Kemiringan 80°

Pada kedua gambar diatas menunjukkan bahwa adanya perbedaan simpangan yang terjadi akibat adanya penggunaan variasi bresing pada rangka menara dengan kemiringan 85°. Untuk arah X, grafik menunjukkan bahwa simpangan terbesar terjadi pada variasi dengan *diagonal bracing* kemudian diikuti oleh *cross bracing* dan yang memiliki simpangan terkecil yaitu variasi dengan menggunakan *inverted v bracing*. Untuk arah Y, simpangan terbesar terjadi pada variasi dengan *diagonal bracing*, *inverted v bracing* dan yang terkecil adalah *cross bracing*. Untuk respon spektrum arah X, hasil simpangan dengan *diagonal bracing* sebesar 0.097 mm, *cross bracing* sebesar 0.096 mm dan *inverted v bracing* sebesar 0.042 mm. Untuk respon spektrum arah Y, hasil simpangan dengan *diagonal bracing* sebesar 0.033 mm, *inverted v bracing* sebesar 0.005 mm dan *cross bracing* sebesar 0.002 mm.

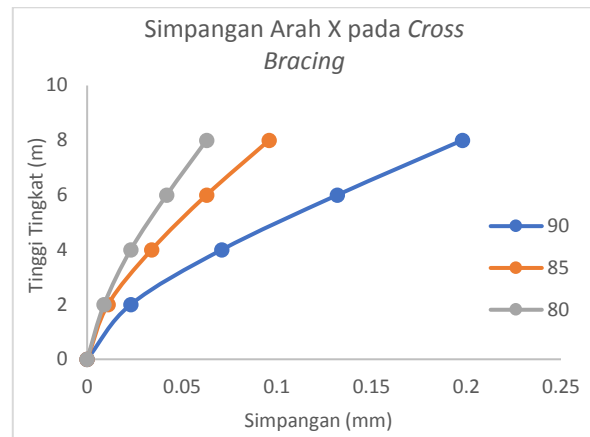
Pada kedua gambar diatas menunjukkan bahwa adanya perbedaan simpangan yang terjadi akibat adanya penggunaan variasi bresing pada rangka menara dengan kemiringan 80°. Untuk arah X dan arah Y, grafik menunjukkan sama bahwa simpangan terbesar terjadi pada variasi dengan *diagonal bracing* kemudian diikuti oleh *cross bracing* dan yang memiliki simpangan terkecil yaitu variasi dengan menggunakan *inverted v bracing*. Untuk respon spektrum arah X, hasil simpangan dengan *diagonal bracing* sebesar 0.065 mm, *cross bracing* sebesar 0.063 mm dan *inverted v bracing* sebesar 0.007 mm. Untuk respon spektrum arah Y, hasil simpangan dengan *diagonal bracing* sebesar 0.016 mm, *cross bracing* sebesar 0.0014 mm dan *inverted v bracing* sebesar 0.00013 mm.

**Berdasarkan Kemiringan Menara**  
**Diagonal Bracing**

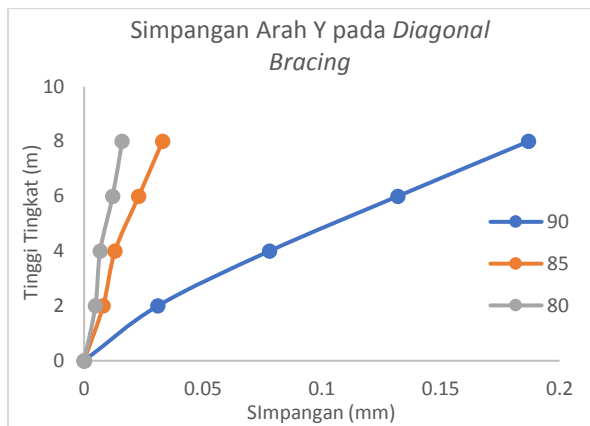


Gambar 23. Simpangan Akibat Respon Spektrum Arah X dengan Variasi Kemiringan Menara pada *Diagonal Bracing*

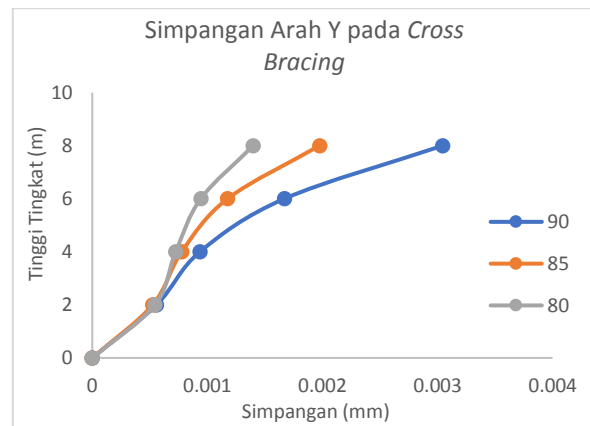
**Cross Bracing**



Gambar 25. Simpangan Akibat Respon Spektrum Arah X dengan Variasi Kemiringan Menara pada *Cross Bracing*



Gambar 24. Simpangan Akibat Respon Spektrum Arah Y dengan Variasi Kemiringan Menara pada *Diagonal Bracing*

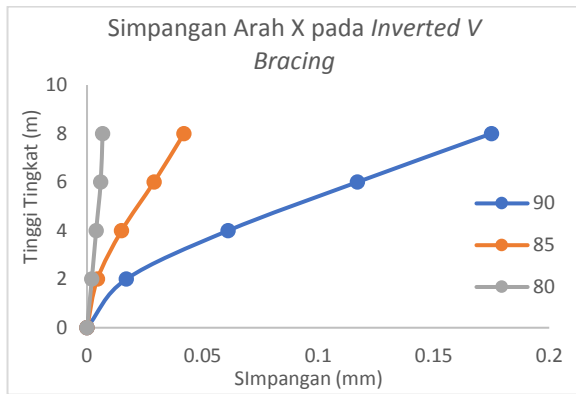


Gambar 26. Simpangan Akibat Respon Spektrum Arah Y dengan Variasi Kemiringan Menara pada *Cross Bracing*

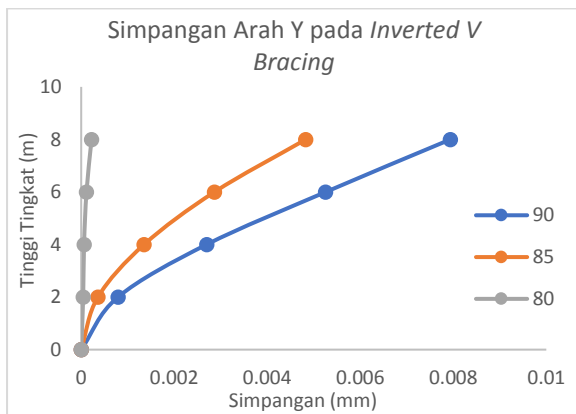
Pada kedua gambar diatas menunjukkan bahwa adanya perbedaan simpangan yang terjadi akibat adanya variasi kemiringan menara yang ditinjau pada rangka menara dengan *diagonal bracing*. Untuk arah X dan arah Y, grafik menunjukkan sama bahwa simpangan terbesar terjadi pada variasi dengan kemiringan menara sebesar 90°, kemudian diikuti dengan kemiringan 85° dan yang terakhir dengan kemiringan 80°. Untuk respon spektrum arah X, hasil simpangan dengan kemiringan menara 90° sebesar 0.201 mm, kemiringan menara 85° sebesar 0.097 mm dan kemiringan menara 80° sebesar 0.065 mm. Untuk respon spektrum arah Y, hasil simpangan dengan kemiringan menara 90° sebesar 0.187 mm, kemiringan menara 85° sebesar 0.033 mm dan kemiringan menara 80° sebesar 0.016 mm.

Pada kedua gambar diatas menunjukkan bahwa adanya perbedaan simpangan yang terjadi akibat adanya variasi kemiringan menara yang ditinjau pada rangka menara dengan *cross bracing*. Untuk arah X dan arah Y, grafik menunjukkan sama bahwa simpangan terbesar terjadi pada variasi dengan kemiringan menara sebesar 90°, kemudian diikuti dengan kemiringan 85° dan yang terakhir dengan kemiringan 80°. Untuk respon spektrum arah X, hasil simpangan dengan kemiringan menara 90° sebesar 0.198 mm, kemiringan menara 85° sebesar 0.096 mm dan kemiringan menara 80° sebesar 0.063 mm. Untuk respon spektrum arah Y, hasil simpangan dengan kemiringan menara 90° sebesar 0.003 mm, kemiringan menara 85° sebesar 0.002 mm dan kemiringan menara 80° sebesar 0.0014 mm

**Inverted V Bracing**



Gambar 27. Simpangan Akibat Respon Spektrum Arah X dengan Variasi Kemiringan Menara pada *Inverted V Bracing*



Gambar 28. Simpangan Akibat Respon Spektrum Arah Y dengan Variasi Kemiringan Menara pada *Inverted V Bracing*

Pada kedua gambar diatas menunjukkan bahwa adanya perbedaan simpangan yang terjadi akibat adanya variasi kemiringan menara yang ditinjau pada rangka menara dengan *inverted v bracing*. Untuk arah X dan arah Y, grafik menunjukkan sama bahwa simpangan terbesar terjadi pada variasi dengan kemiringan menara sebesar 90°, kemudian diikuti dengan kemiringan 85° dan yang terakhir dengan kemiringan 80°. Untuk respon spektrum arah X, hasil simpangan

dengan kemiringan menara 90° sebesar 0.174 mm, kemiringan menara 85° sebesar 0.042 mm dan kemiringan menara 80° sebesar 0.007 mm. Untuk respon spektrum arah Y, hasil simpangan dengan kemiringan menara 90° sebesar 0.008 mm, kemiringan menara 85° sebesar 0.005 mm dan kemiringan menara 80° sebesar 0.0014 mm

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Penggunaan elemen pengaku lateral atau bresing pada struktur rangka baja memberikan pengaruh pada kekakuan dan kekuatan struktur tersebut.
- Simpangan terbesar menurut analisis respons spektrum terdapat pada Model I dengan penggunaan *diagonal bracing* dengan kemiringan menara 90°.
- Pada variasi penggunaan beberapa jenis bresing dapat disimpulkan bahwa *inverted v bracing* adalah pengaku lateral yang mampu menghasilkan simpangan paling kecil.
- Pada variasi kemiringan menara dapat disimpulkan bahwa semakin besar kemiringan suatu struktur rangka baja menara yang ada maka semakin kecil perpindahan titik yang dihasilkan sehingga simpangan yang terjadi juga semakin kecil.

**Saran**

Dalam penelitian ini terdapat beberapa hal yang disarankan:

- Pada pemodelan rangka batang dengan profil-siku, perlu perhatian khusus pada orientasi sumbu profil.
- Definisi pembebanan pada pemodelan perlu diperhatikan dengan teliti agar diperoleh hasil yang diharapkan.
- Penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis dinamik menggunakan metode analisis riwayat waktu (*Time History Analysis*).

**DAFTAR PUSTAKA**

Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)*. Bandung.

Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)*. Bandung.

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729-2015)*. Jakarta.
- Bustaran. 1992. *Daftar-daftar untuk Konstruksi Baja*. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.
- Dapas, Servie O., 2017. *Bahan Kuliah Rekayasa Gempa*. Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Gunawan, Rudy, 1993. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Jansen Lucy P. S., Servie O. Dapas, Ronny Pandaleke, 2016. *Studi Komparasi Simpangan Bangunan Baja yang Bertingkat Banyak yang Menggunakan Bracing-X dan Bracing-K Akibat Beban Gempa.*, Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.2 Februari 2016 (117-122) ISSN: 2337-6732
- Matani, Crisando D., H. Manalip, Reky S. Windah, Servie O. Dapas, 1013. *Analisa Menara Air Akibat Gempa Menggunakan Solusi Numerik Integral Duhamel*, Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.4, Maret 2013 (298-304) ISSN: 2337-6732
- Nelwan, Intan T., Stennie E. Wallah, Servie O. Dapas, 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 Maret 2018 (175-188) ISSN: 2337-6732
- Oentoeng. 1999. *Konstruksi Baja*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Paz, Mario. 1996. *Dinamika Struktur: Teori dan Perhitungan*. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Schodek, Daniel. L. 1998. *Struktur*. Penerbit Aditama. Jakarta
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002)*. Penerbit Erlangga. Semarang.
- Suharjanto. 2013. *Rekayasa Gempa (Dilengkapi dengan Analisis Beban Gempa Sesuai SNI 03-1726-2002)*. Penerbit Kepel Press, Yogyakarta.