

## STUDI PERBANDINGAN PERILAKU SISTEM RANGKA BRESING TIPE X-1 DAN TIPE X-2 PADA GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI

Elfin Nur Fitriyati<sup>1</sup>, Retno Trimurtiningrum<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya<sup>1</sup>, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya<sup>1</sup>

Koresponden, Email : [elfinnft@gmail.com](mailto:elfinnft@gmail.com), [retnotrimurti@untag-sby.ac.id](mailto:retnotrimurti@untag-sby.ac.id)

### ABSTRAK

Bangunan bertingkat tinggi membutuhkan komponen struktur yang kuat untuk menahan akibat dari beban gaya lateral gempa, gaya tersebut dapat mengakibatkan komponen struktur mengalami simpangan searah gaya yang terjadi. Apabila simpangan tersebut melebihi simpangan yang diizinkan maka konstruksi tersebut akan mengalami *failure* atau kegagalan struktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui periode struktur, nilai simpangan dan simpangan antar lantai serta perbandingan kontrol efek P-Delta. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa penggunaan struktur bresing tipe X-1 memiliki nilai simpangan sebesar 0,1007 mm, nilai simpangan antar lantai sebesar 0,1893 mm dan nilai perioda struktur 1,72893 detik, dimana nilai simpangan tersebut lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan struktur sistem rangka bresing tipe X-2 sebesar 0,1086 mm, nilai simpangan antar lantai sebesar 0,2627 mm dan perioda struktur 1,89002 detik. Dalam penggunaan bresing tipe X-1 memiliki nilai Efek P-Delta sebesar 0,021 dinilai lebih kecil jika dibandingkan dengan penggunaan struktur bresing tipe X-2 sebesar 0,248.

**Kata Kunci :** Bresing, periode struktur, simpangan, simpangan antar lantai, efek P-Delta.

### ABSTRACT

*High-rise buildings require strong structural components to withstand the effects of lateral earthquake loads, these forces can cause structural components to experience deformation in the direction of the forces that occur. If the deformation exceeds the permissible deformation, the construction will experience structural failure. The structure of the building with a braced frame system has the strength and stability to withstand the load. This study aims to determine the period of the structure, the value of deformation and story drift and the comparison of P-Delta effect control. From the results of the study it was found that the use of the X-1 type braced structure has a deformation value of 0,1007 mm, the value of the story drift is 0,1893 mm and the value of period is 1,72893 seconds, where the value of the displacement is smaller than the use of the frame system structure of bracing type X-2 which is 0,1086 mm, the value of story drift is 0,2627 mm and the structure period is 1,89002 seconds. Braced type X-1 has smaller P-Delta effect value of 0,021 when compared to the use of braced structure of type X-2 of 0,248.*

**Keywords :** Bracing, Period structure, Deformation, Story drift, P-Delta Effect.

### 1. PENDAHULUAN

Bangunan bertingkat tinggi memiliki kerentanan bahaya terhadap gempa bumi dan memiliki massa bangunan yang besar, besarnya massa bangunan tersebut dapat mempengaruhi beban gempa. Bangunan bertingkat tinggi juga membutuhkan komponen struktur yang kuat untuk menahan akibat dari beban gaya lateral gempa, gaya tersebut dapat mengakibatkan komponen struktur mengalami

simpangan searah gaya yang terjadi. Apabila simpangan tersebut melebihi simpangan yang diizinkan maka konstruksi tersebut akan mengalami *failure* atau kegagalan struktur. Penambahan elemen struktur untuk menahan gaya geser digunakan untuk meningkatkan kekakuan struktur dengan menambahkan elemen struktur bresing pada setiap struktur bangunan tersebut (Sri Haryono, 2015).

Struktur Rangka Bresing Konsentrik memiliki beberapa tipe seperti Tipe X-1, Tipe X-2, Tipe diagonal, Tipe V, Tipe V-terbalik dan tipe K. Diantara keenam tipe bresing tersebut, Struktur Rangka Bresing Tipe X-1 dan Tipe X-2 yang paling baik, apabila balok mengalami defleksi maka diperlukan rangka bresing untuk mencegah terbentuknya gaya yang tidak seimbang dan melebihi simpangan yang diizinkan sehingga mengalami keruntuhan (Arie, 2011).

Oleh karena itu, penelitian ini membahas analisis perbandingan 2 tipe Bresing Konsentris X yaitu Bresing Tipe X-1 dan Bresing Tipe X-2 untuk mengetahui nilai simpangan, simpangan antar lantai, nilai periode, dan perbandingan kontrol efek P-Delta.

Dengan alasan yang disebutkan di atas penggunaan struktur beton prategang banyak digunakan untuk konstruksi jembatan bentang panjang. Apabila bentang balok dari beton bertulang melebihi 70 sampai 90 ft (23 m sampai 30 m), maka beban mati balok tersebut menjadi sangat berlebihan yang menghasilkan komponen struktur yang lebih berat sehingga menimbulkan retak dan defleksi jangka panjang yang lebih besar.

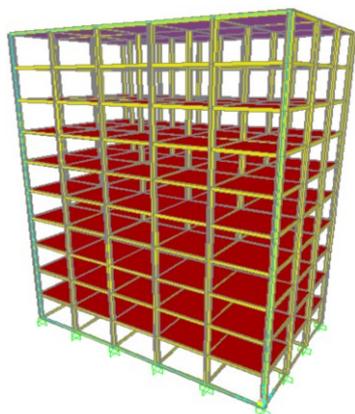
**2. METODE**

Penelitian ini membandingkan nilai periode, simpangan, simpangan antar lantai, dan efek P-Delta yaitu:

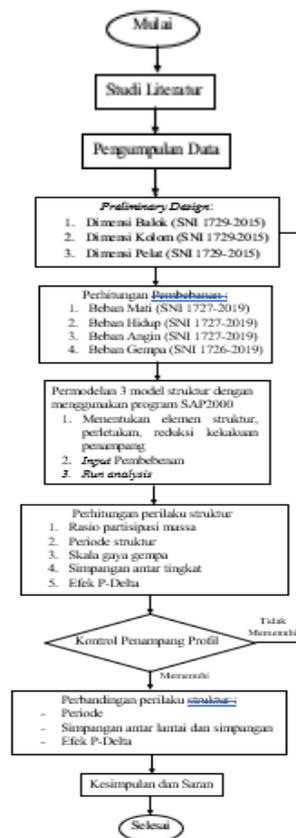
- Permodelan I : Struktur baja tanpa menggunakan bresing
- Permodelan II : Struktur rangka bresing tipe X-1
- Permodelan III : Struktur rangka bresing tipe X-2

Tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut (Gambar 1.).

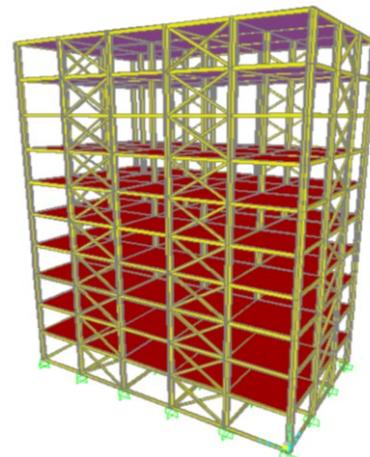
Permodelan struktur yang di analisis dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.



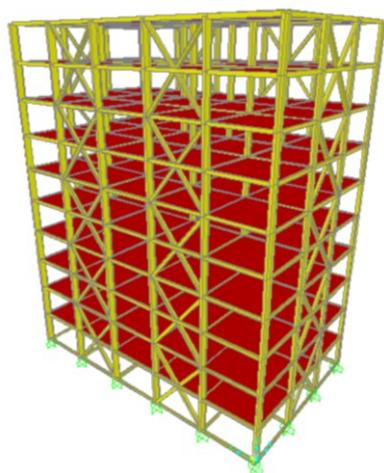
**Gambar 2.** Permodelan struktur awal tanpa bresing (Model 1)



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian



**Gambar 3.** Permodelan struktur menggunakan bresing tipe X-1 (Model 2)



Gambar 4. Permodelan struktur menggunakan bresing tipe X-2 (Model 3)

Deskripsi bangunan dijelaskan pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Deskripsi Bangunan

| Kriteria                              | Deskripsi              |
|---------------------------------------|------------------------|
| Fungsi Bangunan                       | Gedung Perkuliahan     |
| Lokasi Bangunan                       | Kota Surabaya          |
| Panjang Bangunan                      | 35 m                   |
| Lebar Bangunan                        | 21 m                   |
| Tinggi bangunan                       | 45 m                   |
| Tinggi Antar Lantai                   | 4.5 m                  |
| Jumlah Lantai                         | 10                     |
| Mutu Baja                             | BJ 41                  |
| Mutu Beton                            | F'c 30 Mpa             |
| Profil Balok                          | WF 400 x 200 x 8 x 13  |
| <b>Profil Kolom</b>                   |                        |
| - Struktur Awal bangunan (Model 1)    | KC 700 x 300 x 13 x 24 |
| - Struktur bresing tipe X-1 (Model 2) | WF 900 x 300 x 16 x 28 |
| - Struktur bresing tipe X-2 (Model 3) | WF 900 x 300 x 16 x 28 |
| Profil Bresing Tipe X-1               | WF 250 x 250 x 9 x 14  |
| Profil Bresing Tipe X-2               | WF 350 x 350 x 12 x 19 |

Peraturan yang digunakan dalam penelitian ini adalah SNI 03-1729-2015 untuk preliminary desain, SNI 03-1727-2019

untuk beban mati, beban hidup dan beban angin, SNI 03-1726-2019 untuk beban gempa. Analisa beban gempa menggunakan analisis dinamis respon spektrum.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Periode Struktur Bangunan

Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.8. Berdasarkan SNI 03-1726-2019 Pasal 7.8.2.1 Hal 72 untuk menghitung periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$T_a = C_t h_n^x \quad (1)$$

Nilai  $C_t$  dan  $x$  dapat dilihat pada tabel 18 SNI 03-1726-2019

- $h_n = 45$  m
- $C_t = 0,0724$  (Untuk struktur rangka baja pemikul momen)
- $x = 0,8$  (Untuk struktur rangka baja pemikul momen)
- $C_t = 0,0731$  (Untuk struktur rangka baja dengan bresing)
- $x = 0,75$  (Untuk struktur rangka baja dengan bresing)

➤ Periode struktur berdasarkan SNI 03-1726-2019 untuk permodelan 1 (Struktur bangunan tanpa bresing):

- $T_{SAP2000} = 2,30443$  detik
- $T_a = C_t h_n^x = 0,0724 \times 45^{0,8} = 1,52$  detik
- $T_a = 0,1 \times N = 0,1 \times 10 = 1$  detik

Adapun nilai  $C_u$  diperoleh dari SNI 03-1726-2019; Pasal 7.8.2. parameter yang digunakan adalah  $S_{D1} = 0,579$  sehingga nilai  $C_u$  tersebut adalah 1,4. Sehingga batasan maksimal periode struktur yang digunakan adalah :

$$T_{SAP2000} \leq C_u T_a$$

$$2,30443 \text{ detik} \leq 1,4 \times 1,52$$

$$2,30443 \text{ detik} \leq 2,128 \text{ detik}$$

Sehingga nilai  $T$  yang digunakan adalah  $T_{max}$  sebesar **2,128 detik**

➤ Periode struktur berdasarkan SNI 03-1726-2019 untuk permodelan 2 (Struktur bangunan menggunakan bresing tipe X-1):

- $T_{SAP2000} = 1,72893$  detik
- $T_a = C_t h_n^x = 0,0731 \times 45^{0,75} = 1,27$  detik
- $T_a = 0,1 \times N = 0,1 \times 10 = 1$  detik

Adapun nilai  $C_u$  diperoleh dari SNI 03-1726-2019; Pasal 7.8.2. parameter yang digunakan adalah  $S_{D1} = 0,579$  sehingga nilai  $C_u$  tersebut adalah 1,4. Sehingga batasan maksimal periode struktur yang digunakan adalah :

$$T_{SAP2000} \leq C_u T_a$$

$$1,72893 \text{ detik} \leq 1,4 \times 1,27$$

1,72893 detik ≤ 1,778 detik

Sehingga nilai T yang digunakan adalah  $T_{max}$  sebesar **1,778 detik**

➤ Periode struktur berdasarkan SNI 03-1726-2019 untuk permodelan 3 (Struktur bangunan menggunakan bresing tipe X-2):

- $T_{SAP2000} = 1,89002$  detik
- $T_a = C_t h_n^x = 0,0731 \times 45^{0,75} = 1,27$  detik
- $T_a = 0,1 \times N = 0,1 \times 10 = 1$  detik

Adapun nilai  $C_u$  diperoleh dari SNI 1726-2019; Pasal 7.8.2. parameter yang digunakan adalah  $S_{D1} = 0,579$  sehingga nilai  $C_u$  tersebut adalah 1,4. Sehingga batasan maksimal periode struktur yang digunakan adalah :

$$T_{SAP2000} \leq C_u T_a$$

1,72893 detik ≤ 1,4 x 1,27

1,72893 detik ≤ 1,778 detik

Sehingga nilai T yang digunakan adalah  $T_{max}$  sebesar **1,778 detik**.

### Simpangan dan Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 03-1726-2019 Pasal 7.8.6 simpangan antar lantai harus memenuhi  $\Delta < \Delta_a$ . Pada pasal ini simpangan pusat massa di tingkat- x ( $\delta_x$ ) (mm) ditentukan berdasarkan rumus berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \quad (2)$$

Keterangan :

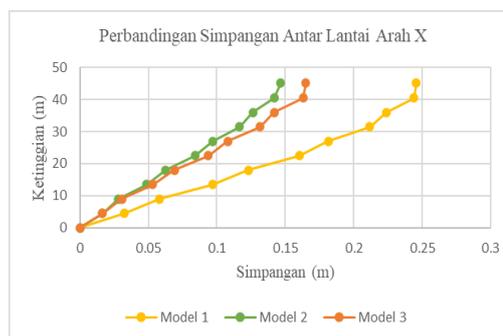
$C_d$  = Faktor pembesaran simpangan = 5,5

$\Delta_{xe}$  = Simpangan di tingkat-x

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa = 1,3

**Tabel 2** Nilai Simpangan Antar Lantai Arah X

| Lantai | Simpangan Antar Lantai Arah X |         |         |
|--------|-------------------------------|---------|---------|
|        | Model 1                       | Model 2 | Model 3 |
| 10     | 0.2456                        | 0.1467  | 0.1649  |
| 9      | 0.2438                        | 0.1417  | 0.1630  |
| 8      | 0.2239                        | 0.1264  | 0.1418  |
| 7      | 0.2116                        | 0.1164  | 0.1315  |
| 6      | 0.1813                        | 0.0972  | 0.1080  |
| 5      | 0.1601                        | 0.0841  | 0.0936  |
| 4      | 0.1230                        | 0.0627  | 0.0689  |
| 3      | 0.0969                        | 0.0488  | 0.0530  |
| 2      | 0.0582                        | 0.0280  | 0.0307  |
| 1      | 0.0322                        | 0.0163  | 0.0165  |

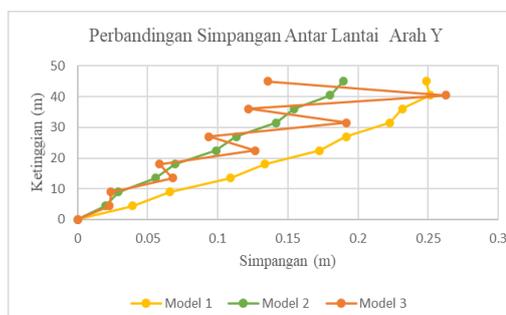


**Gambar 10.** Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X

Berdasarkan hasil perbandingan simpangan antar lantai arah X pada permodelan 2 (Struktur bresing tipe X-1) didapatkan sebesar 0,1467 mm, dimana nilai simpangan antar lantai lebih kecil dibandingkan dengan permodelan 3 (Struktur bresing tipe X-2) sebesar 0,1649 mm. Hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan struktur rangka bresing tipe X-1 memiliki nilai simpangan antar lantai sebesar 0,0303 m lebih kecil dibandingkan penggunaan struktur rangka bresing tipe X-2 sebesar 0,0314 m. (Panjaitan, 2018)

**Tabel 3** Nilai Simpangan Antar Lantai Arah Y

| Lantai | Simpangan Antar Lantai Arah Y |         |         |
|--------|-------------------------------|---------|---------|
|        | Model 1                       | Model 2 | Model 3 |
| 10     | 0.2485                        | 0.1893  | 0.1354  |
| 9      | 0.2513                        | 0.1801  | 0.2627  |
| 8      | 0.2315                        | 0.1545  | 0.1220  |
| 7      | 0.2226                        | 0.1417  | 0.1917  |
| 6      | 0.1914                        | 0.1132  | 0.0937  |
| 5      | 0.1726                        | 0.0986  | 0.1264  |
| 4      | 0.1335                        | 0.0694  | 0.0584  |
| 3      | 0.1088                        | 0.0555  | 0.0677  |
| 2      | 0.0656                        | 0.0290  | 0.0238  |
| 1      | 0.0392                        | 0.0198  | 0.0226  |



**Gambar 9.** Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y

Berdasarkan hasil perbandingan simpangan antar lantai arah Y pada permodelan 2 (Struktur bresing tipe X-1) didapatkan sebesar 0,1893 mm, dimana nilai simpangan antar lantai lebih kecil dibandingkan dengan permodelan 3 (Struktur bresing tipe X-2) sebesar 0,2627 mm. Hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan struktur rangka bresing tipe X-1 memiliki nilai simpangan antar lantai sebesar 0,0303 m lebih kecil dibandingkan penggunaan struktur rangka bresing tipe X-2 sebesar 0,0314 m. (Panjaitan, 2018)

**Tabel 4** Nilai Simpangan Arah X

| Lantai | Simpangan Arah X |         |         |
|--------|------------------|---------|---------|
|        | Model 1          | Model 2 | Model 3 |
| 10     | 0.1334           | 0.0786  | 0.0894  |
| 9      | 0.1275           | 0.0731  | 0.0831  |
| 8      | 0.1187           | 0.0662  | 0.0745  |
| 7      | 0.1071           | 0.0582  | 0.0653  |
| 6      | 0.0931           | 0.0494  | 0.0549  |
| 5      | 0.0772           | 0.0400  | 0.0443  |
| 4      | 0.0599           | 0.0304  | 0.0332  |
| 3      | 0.0423           | 0.0209  | 0.0228  |
| 2      | 0.0246           | 0.0044  | 0.0128  |
| 1      | 0.0087           | 0.0044  | 0.0045  |



**Gambar 10.** Perbandingan Simpangan Arah X

Berdasarkan hasil perbandingan simpangan arah X pada permodelan 2 (Struktur bresing tipe X-1) didapatkan sebesar 0,0786 mm, dimana nilai simpangan lebih kecil dibandingkan dengan nilai simpangan pada permodelan 3 (Struktur bresing tipe X-2) sebesar 0,0894 mm.

**Tabel 5** Nilai Simpangan Arah Y

| Lantai | Simpangan Arah Y |         |         |
|--------|------------------|---------|---------|
|        | Model 1          | Model 2 | Model 3 |
| 10     | 0.1363           | 0.1007  | 0.1085  |
| 9      | 0.1316           | 0.0912  | 0.1049  |

|   |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|
| 8 | 0.1238 | 0.0807 | 0.0855 |
| 7 | 0.1128 | 0.0695 | 0.0778 |
| 6 | 0.0992 | 0.0577 | 0.0600 |
| 5 | 0.0834 | 0.0457 | 0.0504 |
| 4 | 0.0660 | 0.0340 | 0.0344 |
| 3 | 0.0475 | 0.0230 | 0.0249 |
| 2 | 0.0285 | 0.0053 | 0.0126 |
| 1 | 0.0106 | 0.0053 | 0.0061 |



**Gambar 11.** Perbandingan Simpangan Arah Y

Berdasarkan hasil perbandingan simpangan arah Y pada permodelan 2 (Struktur bresing tipe X-1) didapatkan sebesar 0,1007 mm, dimana nilai simpangan lebih kecil dibandingkan dengan nilai simpangan pada permodelan 3 (Struktur bresing tipe X-2) sebesar 0,1089 mm.

**Efek P-Delta**

Sesuai SNI 03-1726-2019 Pasal 7.8.7, pengaruh P-Delta ditentukan berdasarkan nilai koefisien stabilitas ( $\phi$ ). Jika nilai  $\phi$  lebih kecil dari nilai  $\phi_{maks}$ , maka pengaruh P-Delta dapat diabaikan. Nilai  $\phi_{maksimum}$  dihitung dengan rumus:

$$\phi_{maks} = \frac{0.5}{Cd \times \beta} \tag{3}$$

Perhitungan nilai koefisien stabilitas P-Delta menggunakan persamaan rumus berikut :

$$\phi = \frac{Px \cdot \Delta \cdot Ie}{Vx \cdot h_{sx} \cdot Cd} \tag{4}$$

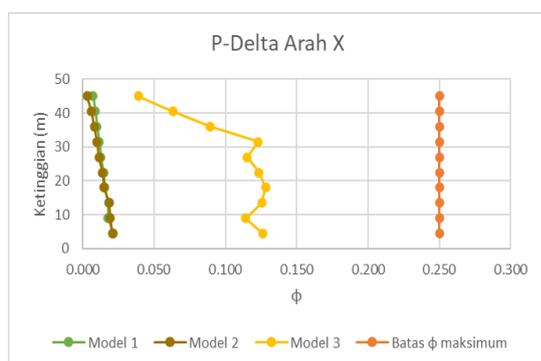
Keterangan :

- Px = Beban desain vertikal (kN)
- $\Delta$  = Simpangan antar lantai (m)
- Ie = Faktor keutamaan gempa = 1,5
- Vx = Gaya geser seismic (kN)
- Hsx = tinggi tingkat (mm)
- Cd = Faktor pembesaran defleksi = 5,5
- $\beta$  = Faktor kebutuhan geser

**Tabel 6** Nilai Efek P-Delta Arah X

| Lantai | P-Delta Arah X |         |         |
|--------|----------------|---------|---------|
|        | Model 1        | Model 2 | Model 3 |
| 10     | 0.007          | 0.003   | 0.039   |
| 9      | 0.009          | 0.006   | 0.064   |

| Lantai | P-Delta Arah X |         |         |
|--------|----------------|---------|---------|
|        | Model 1        | Model 2 | Model 3 |
| 10     | 0.007          | 0.003   | 0.039   |
| 8      | 0.010          | 0.008   | 0.089   |
| 7      | 0.012          | 0.010   | 0.123   |
| 6      | 0.013          | 0.011   | 0.115   |
| 5      | 0.015          | 0.014   | 0.123   |
| 4      | 0.015          | 0.015   | 0.128   |
| 3      | 0.018          | 0.019   | 0.126   |
| 2      | 0.018          | 0.019   | 0.114   |
| 1      | 0.022          | 0.021   | 0.126   |

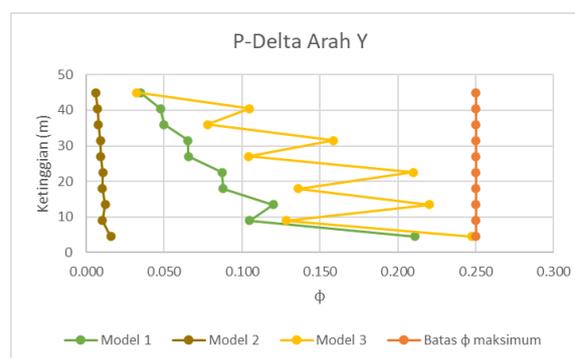


Gambar 12. Perbandingan Efek P-Delta Arah X

Berdasarkan hasil perbandingan efek P-Delta arah X pada permodelan 2 (Struktur bresing tipe X-1) didapatkan sebesar 0,021, dimana nilai tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan permodelan 3 (Struktur bresing tipe X-2) sebesar 0,126. Pada permodelan 1 dan 2 pada arah X pengaruh P-Delta diabaikan, sebab koefisien stabilitas ( $\phi$ ) kurang dari 0,10. Apabila koefisien stabilitas ( $\phi$ ) lebih dari 0,10 –  $\phi_{maks}$  maka terjadi pembesaran pada *story drift*.

Tabel 7 Nilai Efek P-Delta Arah Y

| Lantai | P-Delta Arah Y |         |         |
|--------|----------------|---------|---------|
|        | Model 1        | Model 2 | Model 3 |
| 10     | 0.035          | 0.006   | 0.033   |
| 9      | 0.048          | 0.007   | 0.105   |
| 8      | 0.050          | 0.008   | 0.078   |
| 7      | 0.065          | 0.009   | 0.159   |
| 6      | 0.065          | 0.009   | 0.104   |
| 5      | 0.087          | 0.011   | 0.210   |
| 4      | 0.088          | 0.010   | 0.136   |
| 3      | 0.120          | 0.012   | 0.220   |
| 2      | 0.105          | 0.010   | 0.128   |
| 1      | 0.211          | 0.016   | 0.248   |



Gambar 13. Perbandingan Efek P-Delta Arah Y

Berdasarkan hasil perbandingan efek P-Delta arah Y pada permodelan 2 (Struktur bresing tipe X-1) didapatkan sebesar 0,016, dimana nilai tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan permodelan 3 (Struktur bresing tipe X-2) sebesar 0,248. Pada permodelan 1 pada arah Y pengaruh P-Delta diabaikan, sebab koefisien stabilitas ( $\phi$ ) kurang dari 0,10. Apabila koefisien stabilitas ( $\phi$ ) lebih dari 0,10 –  $\phi_{maks}$  maka terjadi pembesaran pada *story drift*.

#### 4. KESIMPULAN

Dari analisis penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Struktur gedung menggunakan bresing tipe X-1 (Model 2) memiliki nilai simpangan sebesar 0.1007 mm, nilai simpangan antar lantai sebesar 0.1893 dan nilai perioda struktur 1.72893 detik, dimana nilai simpangan tersebut lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan struktur sistem rangka bresing tipe X-2 (Model 3) sebesar 0.1086 mm, nilai simpangan antar lantai sebesar 0.2627 mm dan perioda struktur 1.89002 detik. Dalam penggunaan bresing tipe X-1 (Model 2) memiliki nilai Efek P-Delta sebesar 0.021 dinilai lebih kecil jika dibandingkan dengan penggunaan struktur bresing tipe X-2 (Model 3) sebesar 0.248. Berdasarkan hasil perbandingan nilai simpangan antar lantai (*drift*), simpangan, periode dan efek P-Delta untuk ketiga permodelan menyatakan bahwa permodelan 2 (Bresing Tipe X-1) lebih efisien dan aman bagi struktur bangunan jika dibandingkan dengan permodelan 1 (Struktur tanpa bresing) dan permodelan 3 (Struktur bresing tipe X-2). Hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan bresing tipe X-1 lebih aman bagi struktur bangunan bertingkat tinggi dikarenakan bresing tipe X-1 memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi (Maulidin, 2018).

#### DAFTAR PUSTAKA

- 1) Badan Standarisasi Nasional. 2015. “Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 03-1729-2015)”. Jakarta: BSN.

- 2) Badan Standarisasi Nasional. 2019. "Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2019)". Jakarta: BSN.
- 3) Badan Standarisasi Nasional. 2019. "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2019)". Jakarta: BSN
- 4) Haryono, Sri. 2015. "Penggunaan Struktur Bresing Kosentrik Tipe X Untuk Perbaikan Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Terhadap Bebab Lateral Akibat Gempa". Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan Surakarta.
- 5) Panjaitan, Agustina. 2018. "Perbandingan Bresing X-1 dan X-2 Pada Gedung Struktur Baja Ditinjau Dari Nilai Drift". Jurnal Teknik Sipil. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
- 6) Maulidin, Dzaky Juliarna. 2018. "Analisis Pengaruh Penggunaan Bresing Tipe X-1 Story dan Tipe X-2 Story Terhadap Stabilitas Struktur Pada Bangunan Baja Bertingkat Banyak". Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Indonesia.
- 7) Taveriyanto, Arie. 2011. "Bresing Yang Baik Untuk Struktur Gedung Tahan Gempa". Jurnal Teknik Sipil. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.