

**BAB V**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Analisis Statik Ekuivalen**

Analisis statik ekuivalen ini dilakukan untuk mengetahui besaran beban gempa yang nantinya akan digunakan untuk proses pemodelan Portal baja dengan rangka *bracing* tipe V Terbalik, K dan X.

1. Pembebanan

Beban yang diperhitungkan untuk analisis static ekuivalen meliputi semua komponen bangunan yang ada di atasnya termasuk balok, kolom, beban hidup dan seluruh elemen vertikal yang membebani pada tiap lantai di atasnya.

a. Berat sendiri Struktur Tiap Lantai

Tabel 5. 1 Beban struktur terhadap beban sendiri

Lantai	Tipe Elemen	Material	Berat Elemen (kg/m)	Panjang Elemen (m)
1	Balok	WF 350.175.7.11 mm	49,6	6,75
	Kolom	WF 250.250.8.13 mm	66,5	6

$$\begin{aligned} \text{Kolom} &= 2 \times h \times \text{berat per meter} \\ &= 2 \times 6 \text{ m} \times 66,5 \text{ kg/m} \\ &= 798 \text{ kg} = 0,798 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok} &= l \times \text{berat per meter} \\ &= 6.75 \text{ m} \times 49.6 \text{ kg/m} \\ &= 334,8 \text{ kg} = 0,335 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. *Dead Load* (DL) / Beban Mati

Beban mati tambahan yang terjadi pada elemen plat lantai dengan spesifikasi sebagai berikut yaitu :

$$\text{Berat beton bertulang } (W) = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Panjang antar kolom per as } (p) = 7,2 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar balok terdekat } (l) = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Tebal plat lantai } (t) = 0,12 \text{ m}$$

Jadi, berat plat lantai adalah

$$\begin{aligned} \text{Plat Lantai} &= (p \times l \times t) \cdot W_{\text{beton bertulang}} \\ &= (7,2 \text{ m} \times 3,6 \text{ m} \times 0,12 \text{ m}) \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 7464,96 \text{ kg} = 7,465 \text{ ton} \end{aligned}$$

c. *Live Load* (LL) / Beban Hidup

Beban hidup yang terjadi pada struktur parkir dengan spesifikasi sebagai berikut yaitu :

$$\text{Beban hidup gedung parkir} = 800 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Panjang antar kolom per as} = 7,2 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar balok terdekat} = 3,6 \text{ m}$$

Jadi, beban hidup yang terjadi adalah

$$\begin{aligned} \text{Beban Hidup} &= (\text{luas plat}) \times \text{Beban Hidup Gedung Parkir} \\ &= (7,2 \text{ m} \times 3,6 \text{ m}) \times 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \\ &= 20736 \text{ kg} = 20,736 \text{ ton} \end{aligned}$$

d. Beban Total Struktur atau *Wi* Rencana

Beban total adalah beban akumulasi yang terjadi pada struktur akibat dari pengaruh beban sendiri stuktur, *Dead Load* / Beban Mati, *Live Load* / Beban Hidup, Dalam mencari beban rencana ini menggunakan kombinasi 1,2 DL + 1,6 LL

$$\begin{aligned} \text{Wi Rencana} &= 1,2 (\text{Kolom} + \text{Balok} + \text{Plat Lantai}) + \\ &\quad 1,6 (\text{Beban Hidup}) \\ &= 1,2 (0,798 \text{ ton} + 0,335 \text{ ton} + 7,465 \text{ ton} + \\ &\quad 1,6 (20,736 \text{ ton})) \\ &= 43,495 \text{ ton} = 43495 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 2. Klasifikasi Material

- a. Modulus Elastik Baja,  $E = 200000 \text{ kg/m}^2$
- b. Modulus Inersia :
  - 1) Kolom dengan WF 250.250.8.13 mm,  $I_x = 9930 \text{ cm}^4$
  - 2) Balok dengan WF 350.175.7.11 mm,  $I_x = 13600 \text{ cm}^4$

## 3. Kekakuan

- a. Kolom

$$K = \frac{12 \cdot E \cdot I}{h^3} = \frac{12 \times 200000 \times 9930 \text{ cm}^4}{600^3} = 110,3333333 \text{ kg/cm}$$

- b. Kekakuan Tingkat

$$K = 2 \times 110,333 \text{ kg/cm} = 220,667 \text{ kg/cm}$$

## 4. Klasifikasi Bangunan

Karena bangunan ini berfungsi sebagai tempat parkir kendaraan maka berdasarkan Tabel 1 SNI 1726:2012 termasuk ke dalam kategori resiko 1, Selanjutnya berdasarkan Tabel 2 SNI 1726:2012 maka nilai keutamaan bangunan  $I_e = 1$ .

Selain itu bangunan ini termasuk dalam kategori bangunan yang menggunakan sistem rangka baja dengan *bracing* eksentris yang berdasarkan Tabel 9 SNI 1726:2012 memiliki nilai factor reduksi beban (R) sebesar 8.

## 5. Menentukan taksiran waktu gempa alami (T) secara empiris

Berdasarkan Tabel 15 SNI 1726:2012, tipe struktur sistem rangka baja dengan *bracing* eksentris didapatkan bahwa:

$$\text{Nilai } C_t = 0,0731$$

$$\text{Nilai } x = 0,75.$$

$$\text{Nilai } h_n = \text{tinggi total bangunan ( 7,076 meter )}$$

$$\text{Maka didapat nilai, } T = 0,0731 \times (7,076)^{0,75} = 0,317 \text{ detik}$$

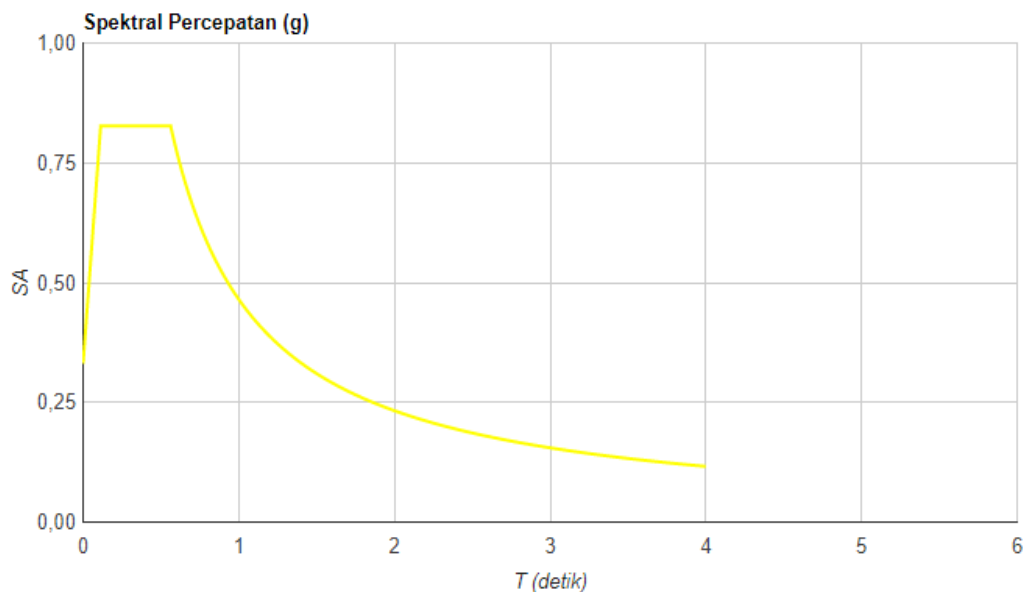
## 6. Parameter Respon Spektrum

Parameter spektrum respon kota Yogyakarta berdasarkan acuan pada [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011.](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011.) Dalam hal ini, bangunan yang dibangun di Yogyakarta. Beban gempa akan didesain dengan periode ulang 2500 tahun, dan Pada lokasi penelitian ini diasumsikan kasifikasi tanah sedang (SD) .

- a. Koordinat : Lintang -7.801354600622697  
: Bujur 110.35597766982391
- b. Nilai spektra percepatan pada 0,2 detik (  $S_s$  ) = 1,231 g = 1,231 m/dt<sup>2</sup>.
- c. Nilai spektra percepatan pada 1 detik (  $S_1$  ) = 0,450 g = 0,450 m/dt<sup>2</sup> .

Berdasarkan Kondisi tanah yaitu tanah sedang (SD) maka dari Tabel 4 dan 5, SNI 1726-2012 didapat nilai  $F_a$  dan  $F_v$  yaitu :

- a. Dengan nilai  $S_s = 1,231$  maka didapatkan,  
Nilai  $F_a = 1,1 - \left( \frac{1}{1,25} \cdot (1,1 - 1) \right) = 1,02$
- b. Dengan nilai  $S_1 = 0,450$  maka didapatkan,  
Nilai  $F_v = 1,6 - \left( \frac{0,4}{0,5} \cdot (1,6 - 1,5) \right) = 1,52$



Gambar 5. 1 Respon spektrum yogyakarta, klasifikasi tanah D  
(Sumber : [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011))

Berdasarkan hasil pencarian data gempa pada acuan [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011.](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011.) Didapatkan nilai parameter untuk zona kegempaan tiga (3) :

$$S_{MS} = S_s \times F_a = 1,231 \times 1,02 = 1,256$$

$$S_{M1} = S_1 \times F_v = 0,450 \times 1,52 = 0,684$$

$$S_{DS} = \left(\frac{2}{3}\right) \times S_{MS} = 0,837$$

$$S_{D1} = \left(\frac{2}{3}\right) \times S_{M1} = 0,456$$

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,456}{0,837} = 0,109 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,456}{0,837} = 0,545 \text{ detik}$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,837}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,105 \text{ detik}$$

$$C_{s \min} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,837 \times 1 = 0,037 \text{ detik}$$

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T_a \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,456}{0,317 \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,180 \text{ detik}$$

Karena  $C_{s \min} < C_s < C_{s \max}$  maka digunakan nilai  $C_s = 0,105$

#### 7. Perhitungan Geser Dasar Seismik

Setelah semua komponen untuk mencari gaya geser dasar ( $V$ ) sudah ditemukan, maka gaya geser dasar ( $V$ ) awal yang digunakan adalah

$$\begin{aligned} V &= C_s \times W_t \\ &= 0,105 \times 43,495 \text{ ton} = 4,567 \text{ ton} = 45670 \text{ N} \end{aligned}$$

#### 8. Distribusi Vertikal Gaya Gempa ( $F_i$ )

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.3 tentang Distribusi Vertikal gaya Gempa Nilai  $k$  untuk  $T = 0,317$  adalah 1, Maka dapat dihitung gaya horisontal tingkat ( $F_i$ ) yaitu

$$\begin{aligned} F &= \frac{W_x \cdot H_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot H_i^k} \cdot V \\ &= \frac{43,495 \text{ ton} \times 6^1 \text{ m}}{43,495 \text{ ton} \times 6^1 \text{ m}} \cdot 4,567 \text{ ton} = 4,567 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 5. 2 Distribusi vertikal gaya gempa lateral (Fi)

Lantai	V (ton)	Wi (ton)	Hi (m)	Wi * Hi <sup>k</sup>	Fi (ton)
1	4,567	43,495	6	260,970	4,567

9. Kontrol Periode Fundamental Struktur T *Rayleigh*

Jadi, T menurut *Rayleigh* sebesar :

$$T_I = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i d_i^2}{g \sum_{i=1}^n F_i d_i}}$$

$$= 2\pi \sqrt{\frac{18743,565}{981 \times 94,806}} = 2,821 \text{ detik}$$

Tabel 5. 3 Analisa struktur t *rayleigh*

Lantai	Wi (ton)	Hi (m)	Fi (ton)	Vi (ton)	Ki	Yi	di	Wi*di <sup>2</sup>	Fi*di
1	43,495	6	4,567	4,567	0,220	20,759	20,759	18743,565	94,806

## 10. Kontrol batasan Periode Fundamental struktur

Nilai  $S_{D1} = 0,456$

Karena Nilai  $S_{D1} \geq 0,4$  maka berdasarkan Tabel 14 SNI 1726:2012 nilai  $C_u$  didapat 1,4

$$T_a = 0,317 \text{ detik}$$

$$T_{a.Cu} = 0,317 \times 1,4 = 0,444 \text{ detik}$$

$$T_{\text{Rayleigh}} = 2,821 \text{ detik}$$

Menurut FEMA 451 terdapat 4 ketentuan batasan nilai periode yaitu:

- $T_a > T_{a.Cu}$  maka digunakan  $T_{a.Cu}$
- $T_a < T_{\text{Rayleigh}} < T_{a.Cu}$  maka gunakan  $T_{\text{Rayleigh}}$
- $T_{\text{Rayleigh}} < T_a$  maka digunakan  $T_a$
- $T_{\text{Rayleigh}} > T_{a.Cu}$  maka digunakan  $T_{\text{Rayleigh}}$

Berdasarkan ketentuan diatas nilai  $T_{Rayleigh} > T_{a.Cu}$ , maka nilai  $T$  yang digunakan adalah  $T_{Rayleigh}$ . yaitu sebesar 2,821 detik

## **B. Konvergensi Meshing**

Sebelum dilakukan analisis secara keseluruhan, terlebih dahulu menentukan jumlah elemen yang akan dipakai untuk setiap benda uji seperti yang dapat dilihat pada **Lampiran A**. Semakin kecil ukuran *meshing* yang digunakan maka semakin banyak pula jumlah elemen yang didapatkan, hal ini menandakan bahwa hasil yang akan diperoleh akan semakin detail dan presisi.

Oleh karena itu, dengan dilakukannya konvergensi ini agar kita bisa mendapatkan ukuran *meshing* dan atau jumlah elemen yang paling efektif secara waktu proses perhitungan dan nilai yang dihasilkan dari proses perhitungan atau running pada *computer* tetap akurat.

Analisis konvergensi dilakukan pada ke tiga benda uji yaitu pada *bracing* V Terbalik, K dan X. Dalam proses konvergensi untuk mencari nilai *meshing* atau jumlah elemen yang efektif digunakan beban tetap (diasumsikan dengan beban 20940 N) dan kemudian dibandingkan dengan hasil Simpangan lateral nya. Setelah dilakukan analisis pada *computer*, data-data jumlah elemen dan hasil dari proses analisis *computer* dikumpulkan dalam *Microsoft excel* untuk kemudian dilakukan pengolahan data dalam bentuk grafik perbandingan jumlah elemen dan Simpangan lateral, dengan pendekatan simpangan lateral kurang dari 5%.

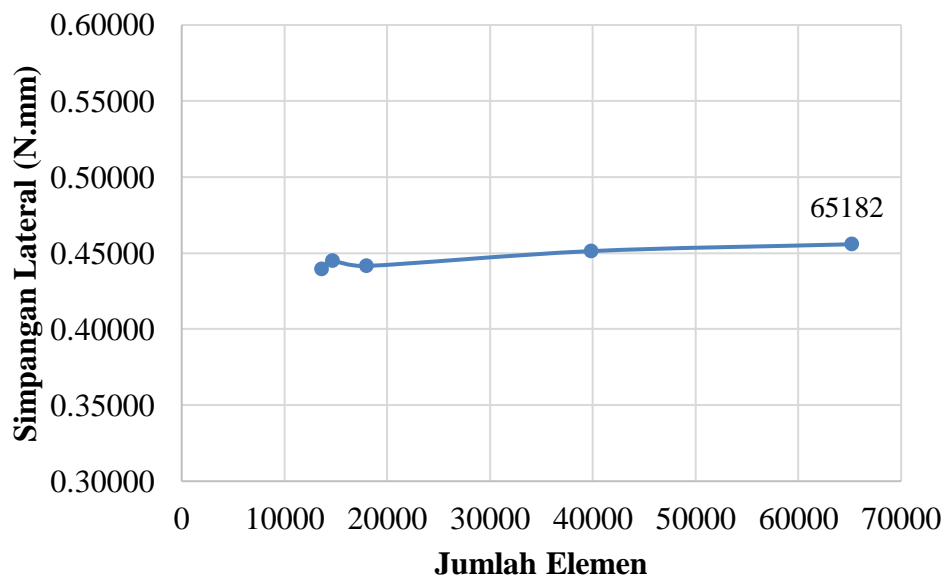
### 1. Hasil konvergensi struktur rangka portal baja dengan *barcing* Tipe V Terbalik

Untuk konvergensi Portal Baja dengan Bracing V Terbalik , dalam proses *running* atau *rendering* telah menggunakan data-data yang lengkap diantaranya nilai *elstic* dan *plastic*, beban gempa yang digunakan adalah beban asumsi yaitu sebesar 20940 N, serta dalam proses *running* telah menggunakan jenis perhitungan Non Linier.

Pada konvergensi *bracing* tipe V Terbalik dilakukan lima (5) kali proses perhitungan atau *running* pada *computer* dengan jumlah elemen yang berbeda-beda.

Tabel 5. 4 Hasil analisis konvergensi *bracing* tipe V terbalik

No	Jumlah Elemen	Simpangan Lateral (N.mm)	Presentase (%) Perbandingan
1	65182	0,45580	
2	39816	0,45129	0,98800
3	17930	0,44155	3,12667
4	14644	0,44490	2,39098
5	13579	0,43950	3,57539



Gambar 5. 2 Perbandingan jumlah elemen dan simpangan lateral hasil uji konvergensi portal baja dengan *bracing* tipe V terbalik

Dari Tabel 5.4 dapat diketahui bahwa semua benda uji yang digunakan untuk konvergensi *bracing* tipe V Terbalik semuanya telah memenuhi syarat batas simpangan yang telah ditetapkan yaitu dengan menggunakan pendekatan konvergensi tidak lebih dari 5 %. Oleh karena itu dapat digunakan salah satu dari ke lima (5) benda uji tersebut.



Untuk itu Benda uji yang akan digunakan untuk proses analisis selanjutnya pada Portal baja dengan *Bracing* tipe V Terbalik adalah benda uji ke 3 dengan jumlah elemen yaitu 17930 elemen dan mengalami simpangan sebesar 0,44155 mm karena dari Gambar 5.2 benda uji dengan jumlah 17930 elemen dikatakan sudah mengalami penurunan yang stabil.

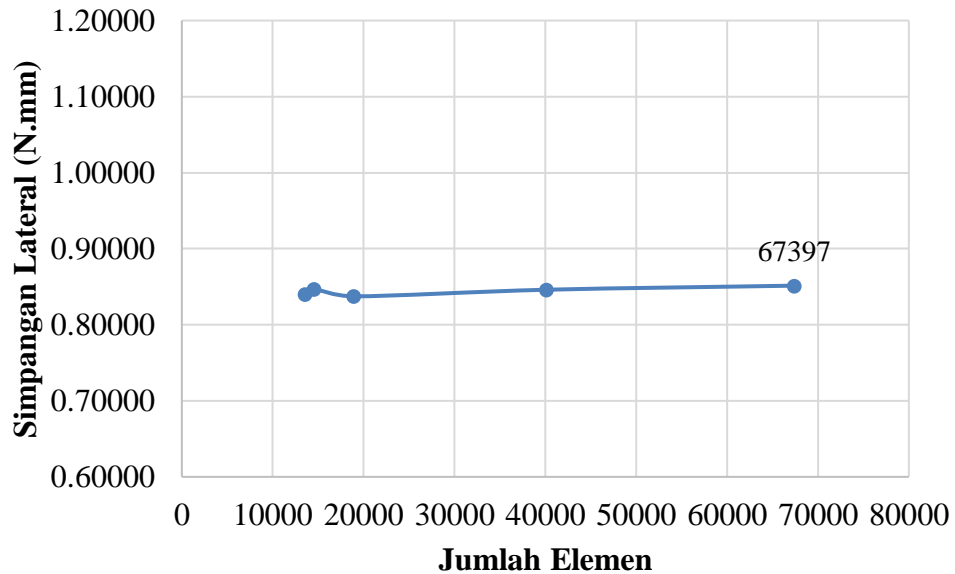
## 2. Hasil konvergensi struktur rangka portal baja dengan *bracing* Tipe K

Untuk konvergensi Portal Baja dengan *Bracing* K, dalam proses *running* atau *rendering* telah menggunakan data-data yang lengkap diantaranya nilai *elstic* dan *plastic*, beban gempa yang digunakan adalah beban asumsi yaitu sebesar 20940 N, serat dalam proses *running* telah menggunakan jenis perhitungan Non Linier.

Pada konvergensi *bracing* tipe K dilakukan lima (5) kali proses perhitungan atau *running* pada *computer* dengan jumlah elemen yang berbeda-beda.

Tabel 5. 5 Hasil analisis konvergensi *bracing* tipe K

No	Jumlah Elemen	Simpangan Lateral (N.mm)	Presentase (%) Perbandingan
1	67397	0,85141	
2	40135	0,84606	0,62822
3	18925	0,83743	1,64149
4	14537	0,84703	0,51435
5	13546	0,84033	1,30088



Gambar 5. 3 Perbandingan jumlah elemen dan simpangan lateral hasil uji konvergensi portal baja dengan *bracing* tipe K

Dari Tabel 5.5 dapat diketahui bahwa benda uji yang digunakan untuk konvergensi *bracing* tipe V Terbalik semuanya telah memenuhi syarat batas *displacement* yang telah ditetapkan yaitu dengan menggunakan pendekatan konvergensi tidak lebih dari 5 %. Oleh karena itu dapat digunakan salah satu dari ke lima (5) benda uji tersebut.

Untuk itu Benda uji yang akan digunakan untuk proses analisis selanjutnya pada Portal baja dengan *Bracing* tipe K adalah benda uji ke 3 dengan jumlah elemen yaitu 18925 elemen dan mengalami simpangan sebesar 0,83743 mm karena dari Gambar 5.3 benda uji dengan jumlah 18925 elemen dikatakan sudah mengalami penurunan yang stabil.

### 3. Hasil konvergensi struktur rangka portal baja dengan *bracing* Tipe X

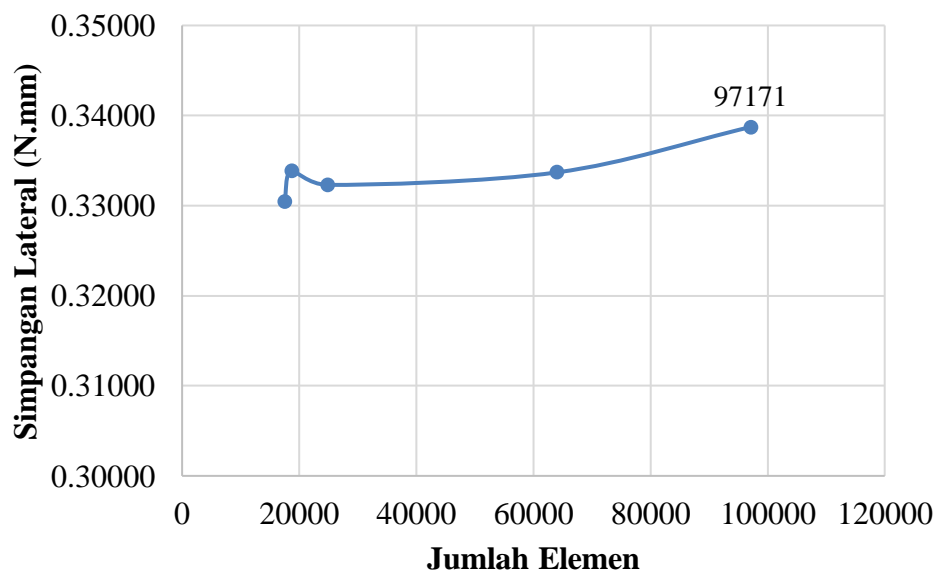
Untuk konvergensi Portal Baja dengan *Bracing* X, dalam proses *running* atau *rendering* belum sepenuhnya menggunakan data yang lengkap, data yang digunakan hanya nilai *elstic* dan *plastic*, beban gempa yang digunakan adalah beban asumsi yaitu sebesar 20940 N.

Dalam proses *running* benda uji ini untuk menentukan nilai konvergensi belum menggunakan perintah perhitungan Non Linier seperti pada proses *running* benda uji dengan *bracing* V Terbalik dan K, namun nantinya setelah mendapat nilai konvergensi akan dilakukan *running* ulang dengan data yang sudah lengkap.

Pada konvergensi *bracing* tipe X dilakukan lima (5) kali proses perhitungan atau *running* pada *computer* dengan jumlah elemen yang berbeda-beda.

Tabel 5. 6 Hasil analisis konvergensi *bracing* tipe X

No	Jumlah Elemen	Simpangan Lateral (N.mm)	Presentase (%) Perbandingan
1	97171	0,33874	
2	64066	0,33369	1,48905
3	24874	0,33230	1,89970
4	18698	0,33388	1,43525
5	17503	0,33043	2,45366



Gambar 5. 4 Perbandingan jumlah elemen dan simpangan lateral hasil uji konvergensi portal baja dengan *bracing* tipe X

Dari Tabel 5.6 dapat diketahui bahwa benda uji yang digunakan untuk konvergensi *bracing* tiap X semuanya telah memenuhi syarat batas *displacement* yang telah ditetapkan yaitu dengan menggunakan pendekatan konvergensi tidak lebih dari 5 %. Oleh karena itu dapat digunakan salah satu dari ke lima (5) benda uji tersebut.

Untuk itu Benda uji yang akan digunakan untuk proses analisis selanjutnya pada Portal baja dengan *Bracing* tipe X adalah benda uji ke 5 dengan jumlah elemen yang paling kecil yaitu 17503 elemen dan mengalami simpangan sebesar 0.33043 mm, hal ini dilakukan karena untuk benda uji yang lain saat dilakukan analisis secara penuh mengalami kegagalan atau *error* dan hanya benda uji ke 5 saja yang bisa dilakukan analisis secara keseluruhan tanpa terjadinya *error*.

Dari ke tiga model yang telah dilakukan konvergensi diatas mulai dari *bracing* V Terbalik, K, dan X diketahui bahwa grafik mengalami fluktuatif naik dan turun, hal ini disebabkan karena dalam melakukan konvergensi dikatakan kurang halus atau kurang banyaknya benda uji. Untuk membuat konvergensi dengan grafik yang bagus dan sempurna membutuhkan beberapa puluh kali proses *running*. Pada penelitian ini memang belum bisa melakukan konvergensi secara halus dikarenakan keterbatasan waktu dan juga spesifikasi komputer yang tidak mendukung untuk proses *running*.

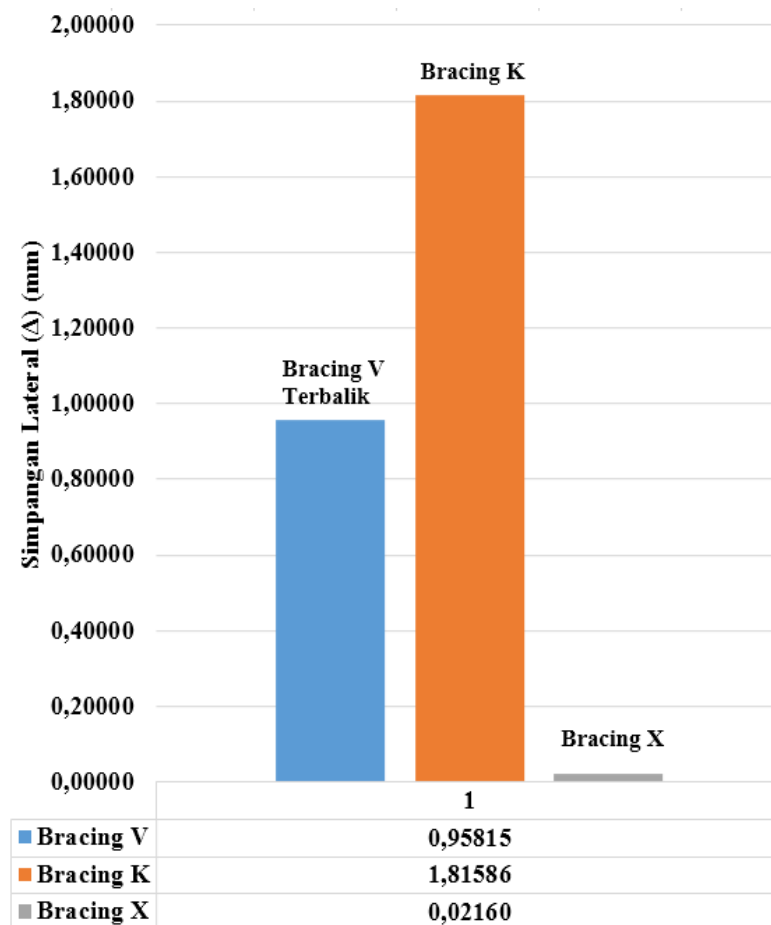
### C. Simpangan Lateral

Simpangan Lateral merupakan syarat atau ketentuan yang digunakan untuk mengetahui keamanan dari suatu bangunan, dengan mengetahui nilai dari simpangan maka kita dapat mengetahui seberapa besar tingkat kekakuan suatu struktur bangunan tersebut.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu pada portal baja yang menggubakan variasi *Bracing* tipe V Terbalik, K dan X dengan beban gempa sebesar 45670 N dapat diketahui bahwa simpangan Lateral portal baja yang

menggunakan *bracing* tipe X mengalami simpangan paling kecil dari pada yang lainnya yaitu 0,02160 mm, kemudian untuk portal baja yang mengalami simpangan paling besar terjadi pada portal baja dengan *Bracing* tipe K yaitu sebesar 1,81586 mm. sedangkan nilai simpangan untuk portal baja dengan *bracing* tipe V Terbalik terjadi diantara *bracing* X dan K yaitu sebesar 0,95815 mm. Untuk detail nilai simpangan lateral yang terjadi pada setiap siklus dapat dilihat pada **Lampiran B**.

Kemudian dari hasil pengujian portal baja dengan *bracing* V, K dan X selanjutnya dari ketiga hasil tersebut dibandingkan dengan simpangan lateral yang terjadi apabila portal baja tidak menggunakan *bracing*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.5



Gambar 5. 5 Nilai simpangan lateral portal baja dengan *bracing* tipe V terbalik, K, dan X

#### D. Hubungan Beban dan Simpangan Lateral

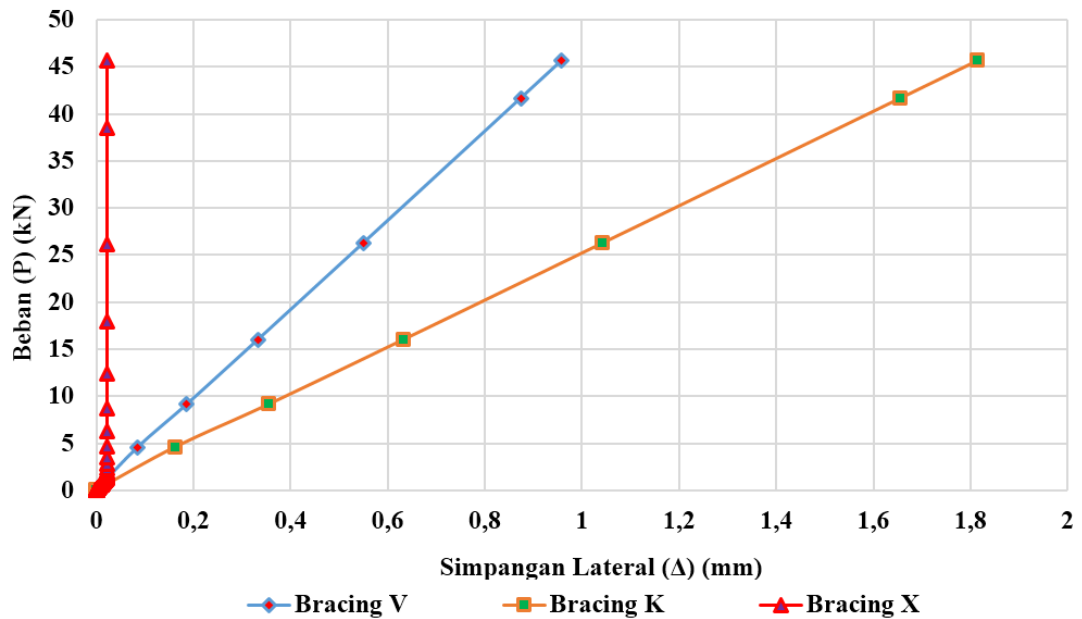
Data beban dan simpangan lateral diperoleh dari *output* hasil akhir pengujian simpangan portal baja variasi *bracing* dengan menggunakan bantuan *software abaqus*, hasil *output* tersebut dapat dilihat pada **Lampiran B**. Berdasarkan data-data tersebut kemudian dibuat grafik hubungan beban dan Simpangan lateral maksimum yang dapat terjadi.

Data hasil percobaan ini berupa beban dan simpangan lateral dapat dilihat pada Tabel 5.7, dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa kondisi maksimum saat percobaan memiliki nilai yang sama juga untuk kondisi akhir percobaan. Untuk nilai simpangan Lateral yang terjadi pada setiap benda uji mengalami perbedaan dikarenakan setiap benda uji memiliki variasi *bracing* yang berbeda.

Dari percobaan ini diketahui bahwa benda uji *bracing* X mengalami simpangan Lateral yang lebih sedikit dibandingkan dengan benda uji *bracing* V Terbalik dan K yaitu sebesar 0,02160 mm, *Bracing* K memiliki nilai simpangan lateral sebesar 1,81586 mm dan *Bracing* V Terbalik memiliki nilai simpangan lateral sebesar 0,95815 mm. Berdasarkan data-data hasil percobaan tersebut dibuat grafik hubungan beban dan simpangan Lateral maksimum yang terjadi. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.6.

Tabel 5. 7 Beban dan simpangan hasil pengujian

Benda Uji	Pembebanan (kN)	Kondisi Maksimum	Kondisi Akhir Percobaan
<i>Bracing</i> V Terbalik	45,67	Pm = 45,67 kN	Pa = 45,67 kN
		$\Delta m = 0,95815$ mm	$\Delta a = 0,95815$ mm
<i>Bracing</i> K	45,67	Pm = 45,67 kN	Pa = 45,67 kN
		$\Delta m = 1,81586$ mm	$\Delta a = 1,81586$ mm
<i>Bracing</i> X	45,67	Pm = 45,67 kN	Pa = 45,67 kN
		$\Delta m = 0,02160$ mm	$\Delta a = 0,02160$ mm



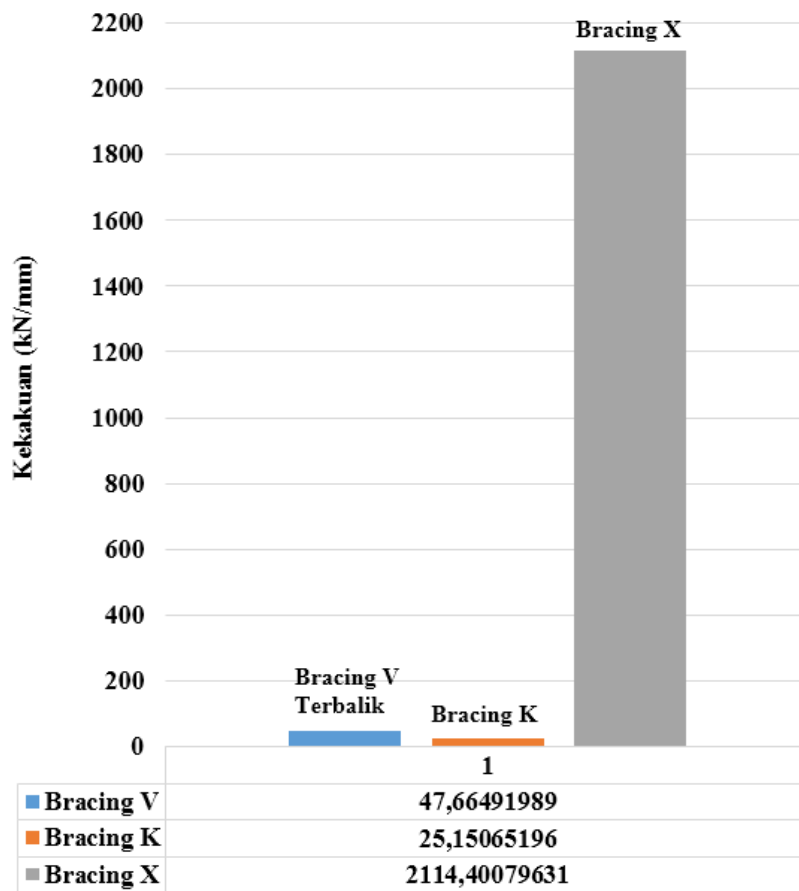
Gambar 5. 6 Hubungan beban dan simpangan lateral portal baja dengan *bracing* V terbalik, K dan X

#### A. Analisa Hasil Kekakuan

Hasil dari penelitian ini yang dapat dilihat pada **Lampiran C**, menunjukkan bahwa Portal baja yang menggunakan *Bracing* tipe X memiliki nilai kekuatan yang lebih bagus dibandingkan dengan portal baja yang menggunakan *bracing* tipe V Terbalik dan tipe K. Untuk melihat perbedaan nilai kekakuan yang terjadi pada setiap *bracing* dapat dilihat pada Tabel 5.8

Tabel 5. 8 Nilai kekakuan hasil pengujian

Benda Uji	Pembebanan (kN)	Simpangan Lateral (Δ) (mm)	Kekakuan $P/\Delta$ (kN/mm)
<i>Bracing</i> V Terbalik	45,67	0,95815	47,66492
<i>Bracing</i> K	45,67	1,81586	25,15065
<i>Bracing</i> X	45,67	0,02160	2114,40079



Gambar 5. 7 Nilai kekakuan portal baja dengan *bracing* tipe V terbalik, K dan X

Berdasarkan Gambar 5.7 dan Tabel 5.8 dapat dijelaskan bahwa Portal baja yang menggunakan *Bracing X* memiliki nilai kekakuan yang paling besar yaitu 2114,40079 kN/mm kemudian Portal baja yang menggunakan *Bracing V* Terbalik yaitu 47,66492 kN/mm dan Portal baja yang menggunakan *Bracing K* yaitu 25,15065 kN/mm. Perbedaan yang cukup signifikan ini terjadi dikarenakan portal baja yang menggunakan *bracing V* Terbalik, K dan X memiliki pola distribusi energi yang berbeda-beda. Dalam pemodelan ini didapatkan hasil bahwa portal baja yang menggunakan *bracing* tipe X memiliki nilai kekuatan yang lebih baik karena pada *bracing* tipe X energi yang didapatkan dari beban lateral sepenuhnya dapat terdistribusikan dengan baik ke seluruh badan portal baja tersebut.



### B. *Hysteretic Energy (HE)*

*Hysteretic Energy* merupakan luasan total dari besarnya energi yang terjadi pada setiap siklus. Dari luasan total tersebut kita dapat melihat kemampuan struktur dalam menyerap dan meredam beban yang diberikan dari beban awal sampai beban puncak yang telah ditentukan.

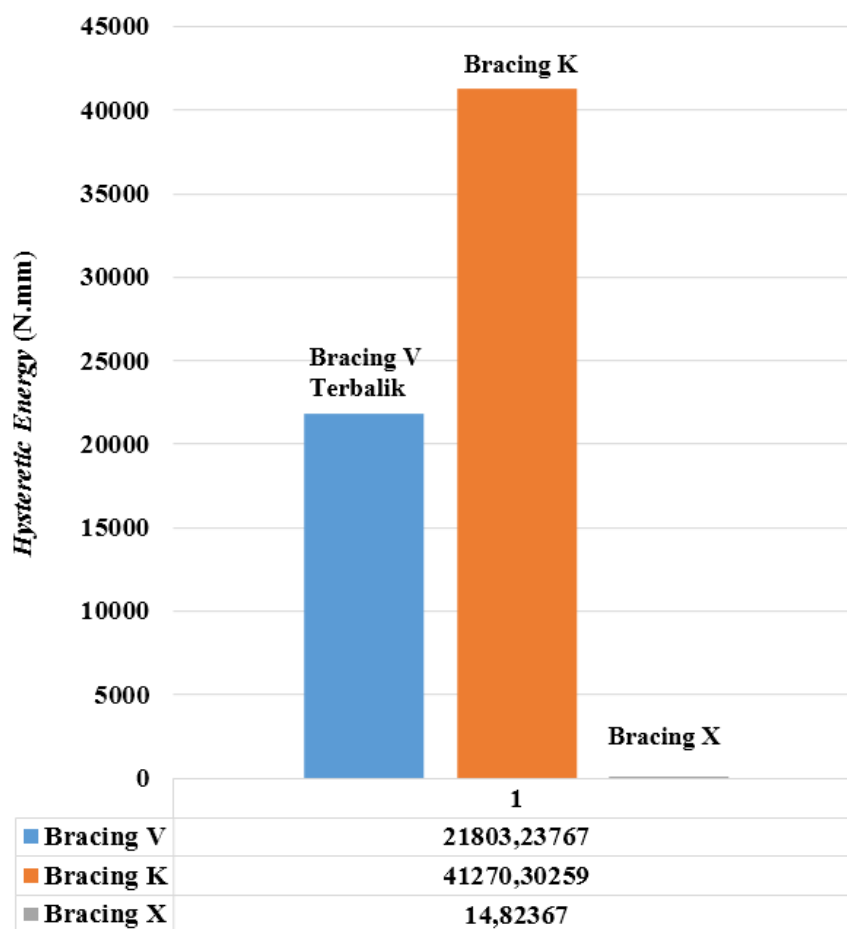
Dalam menghitung *Hysteretic energy* atau luasan total besarnya energi yang terjadi menggunakan integrasi Numerik yaitu dengan metode trapezoidal banyak pias. Berikut ini adalah hasil dari perhitungan *Hysteretic Energy* pada portal baja dengan *Bracing* tipe V Terbalik , K, dan X yang dapat dilihat pada Tabel 5.9, sedangkan untuk detail nilai *Hysteretic Energy* yang terjadi untuk setiap siklus dapat dilihat pada **Lampiran C**.

Tabel 5. 9 Nilai *hysteretic energy* hasil analisis

Benda Uji	Pembebanan (kN)	Simpangan Lateral ( $\Delta$ ) (mm)	<i>Hysteretic Energy (HE)</i>
			Total (N.mm)
<i>Bracing V Terbalik</i>	45,67	0,95815	21803,23767
<i>Bracing K</i>	45,67	1,81586	41270,30259
<i>Bracing X</i>	45,67	0,02160	14,82367

Berdasarkan Gambar 5.8 dan juga Tabel 5.9 dapat dijelaskan bahwa Portal baja yang memakai *Bracing K* memiliki nilai *Hysteretic Energy* yang paling besar yaitu 41270,30259 N/mm, kemudian Portal baja yang memiliki nilai *Hysteretic Energy* yang paling kecil yaitu Portal baja yang menggunakan *bracing* tipe X yaitu sebesar 14,82367 N/mm. Untuk portal yang menggunakan *bracing* tipe V Terbalik memiliki nilai *Hysteretic Energy* sebesar 21803,23767 N/mm. Perbedaan yang cukup signifikan ini terjadi dikarenakan energi yang berasal beban lateral tidak terdistribusikan secara baik keseluruh badan portal.

Perlu diketahui bahwa semakin besar nilai *Hysteretic Energy* total yang terjadi pada portal baja, maka portal baja tersebut memiliki tingkat keruntuhan struktur yang lebih tinggi, memiliki kekakuan yang rendah serta terjadi simpangan lateral yang lebih besar juga, begitu juga sebaliknya jika nilai *Hysteretic Energy* total yang terjadi semakin kecil maka portal baja tersebut memiliki tingkat keruntuhan struktur yang lebih rendah, memiliki kekakuan yang tinggi serta terjadi simpangan lateral sedikit.

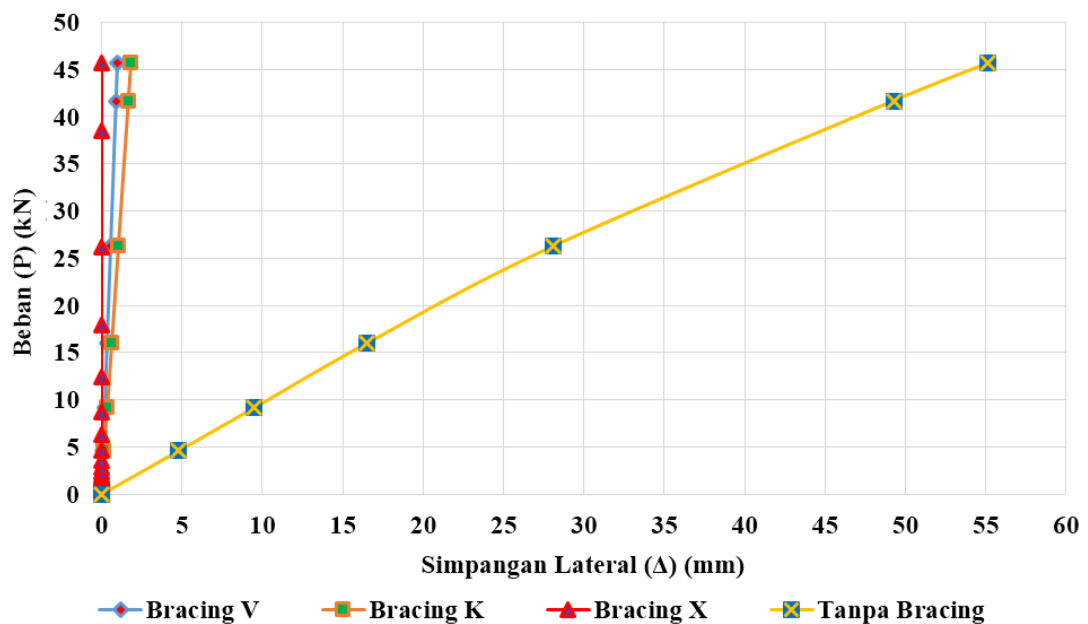


Gambar 5. 8 Nilai *hysteretic energy* portal baja dengan *bracing* tipe V terbalik , K dan X

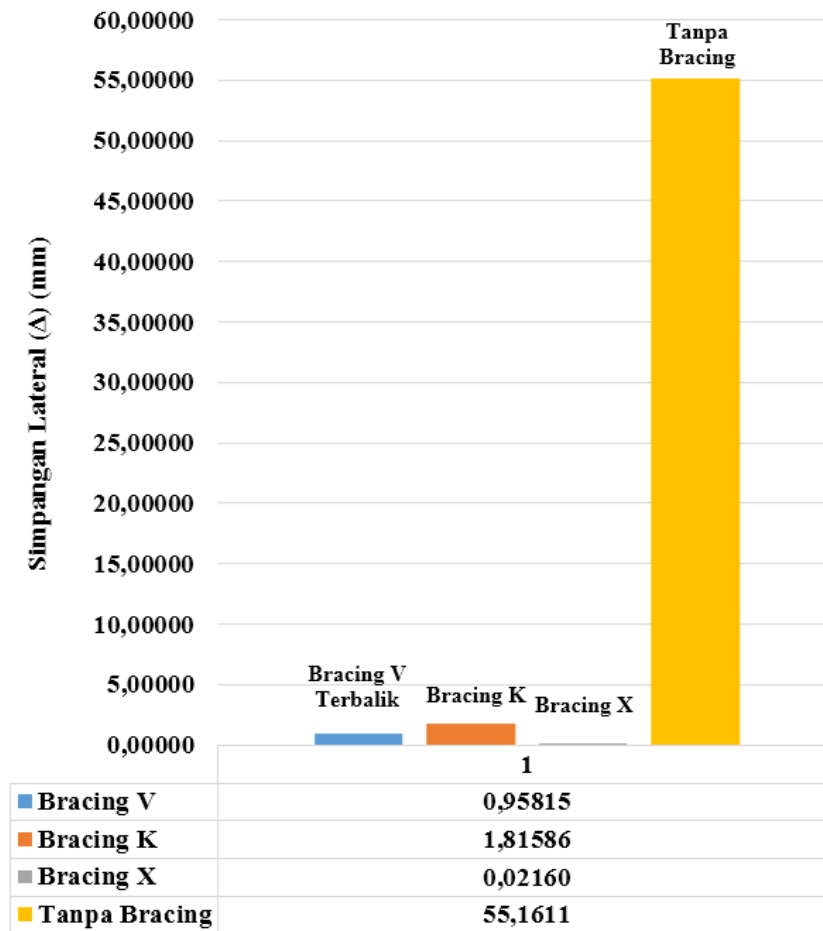
### C. Perbandingan Hasil Penelitian Struktur Portal dengan *Bracing* dan Tanpa *Bracing*

Berdasarkan hasil hubungan beban dan simpangan yang telah dilakukan dari struktur portal baja yang menggunakan *bracing* tipe V Terbalik, K, dan X dengan beban yang sama yaitu 45670 N didapatkan bahwa Portal baja dengan *bracing* tipe X mengalami simpangan paling kecil yaitu 0,02160 mm dan simpangan lateral paling besar terjadi pada portal baja dengan *bracing* tipe K yaitu sebesar 1,81586 mm, sedangkan nilai simpangan lateral untuk portal baja dengan *bracing* tipe V Terbalik memiliki nilai simpangan lateral sebesar 0,95815 mm, kemudian untuk portal baja tanpa menggunakan *bracing* mengalami Simpangan Lateral sebesar 55,1611 mm. Untuk detail beban, simpangan lateral, kekakuan dan *Hysteretic energy* yang terjadi pada portal baja tanpa *bracing* maupun yang menggunakan *bracing* dapat dilihat pada **Lampiran B** dan **Lampiran C**.

Berikut adalah Grafik Hubungan simpangan Lateral dan beban pada Portal Baja dengan *Bracing* V Terbalik, K dan X serta Portal Baja tanpa *Bracing* yang dapat dilihat pada Gambar 5.9

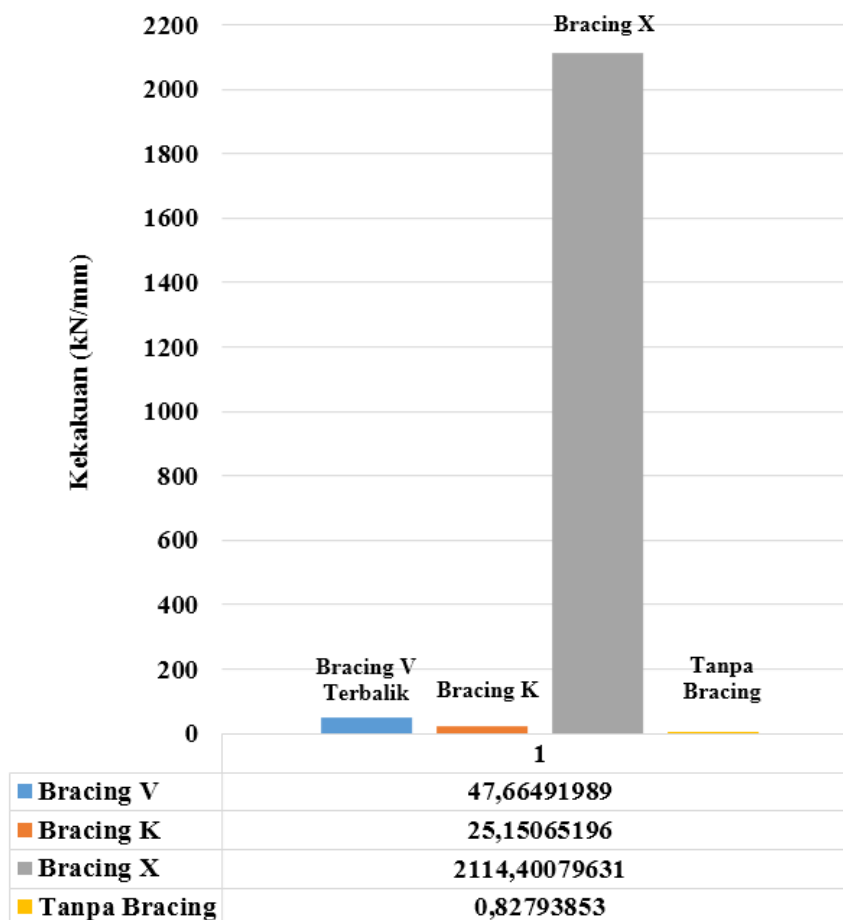


Gambar 5. 9 Hubungan beban dan simpangan lateral portal baja dengan *bracing* V terbalik, K dan X serta portal baja tanpa *bracing*



Gambar 5. 10 Nilai simpangan lateral portal baja dengan *bracing* tipe V terbalik, K dan X serta portal baja tanpa *bracing*

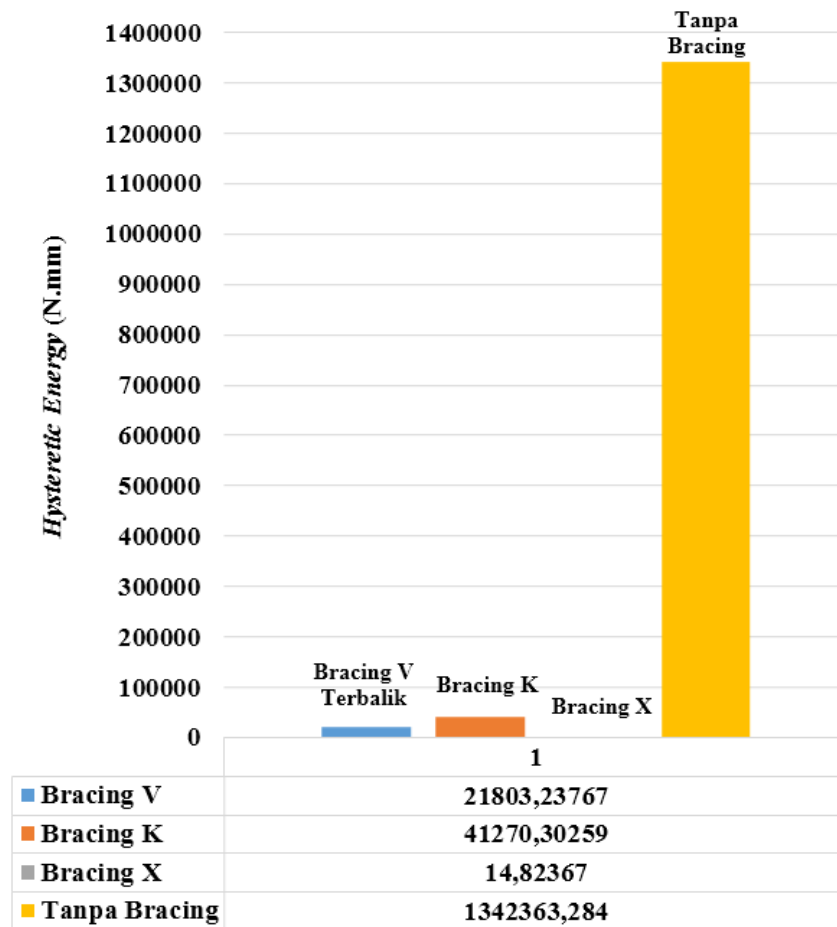
Berdasarkan Gambar 5.11 dapat dijelaskan bahwa struktur portal baja yang menggunakan *bracing* tipe X memiliki nilai kekakuan yang paling besar yaitu 2114,40079 kN/mm, kemudian portal baja dengan *bracing* tipe V Terbalik memiliki nilai kekakuan sebesar 47,6649 kN/mm, dan portal baja dengan *bracing* tipe K memiliki nilai kekakuan sebesar 25,15065 kN/mm sedangkan struktur portal baja yang tidak menggunakan *bracing* memiliki nilai kekakuan paling rendah yaitu sebesar 0,82793 kN/mm. Dari nilai kekakuan tersebut dapat diketahui bahwa struktur portal baja yang menggunakan *bracing* memiliki kekuatan yang lebih bagus dibandingkan dengan struktur portal baja yang tidak menggunakan *bracing*.



Gambar 5. 11 Nilai kekakuan portal baja dengan *bracing* tipe V terbalik, K dan X serta portal baja tanpa *bracing*

Berdasarkan Gambar 5.12 dapat dijelaskan bahwa struktur portal baja yang tidak menggunakan *bracing* memiliki nilai *Hysteretic Energy* paling besar yaitu 1342363,284 N/mm. Nilai ini berbeda dengan portal baja yang menggunakan *bracing*, untuk portal baja dengan *bracing* tipe V Terbalik memiliki nilai *Hysteretic Energy* sebesar 21803,23767 N/mm, kemudian portal baja dengan *bracing* tipe K memiliki nilai *Hysteretic Energy* sebesar 41270,30259 N/mm sedangkan portal baja dengan *bracing* tipe X memiliki nilai *Hysteretic Energy* sebesar 14,82367 N/mm.

Dari nilai *hysteretic energy* tersebut dapat diketahui bahwa struktur portal baja yang menggunakan *bracing* mampu meminimalisir penyerapan *energy* yang terjadi dibandingkan dengan struktur portal baja yang tidak menggunakan *bracing*.



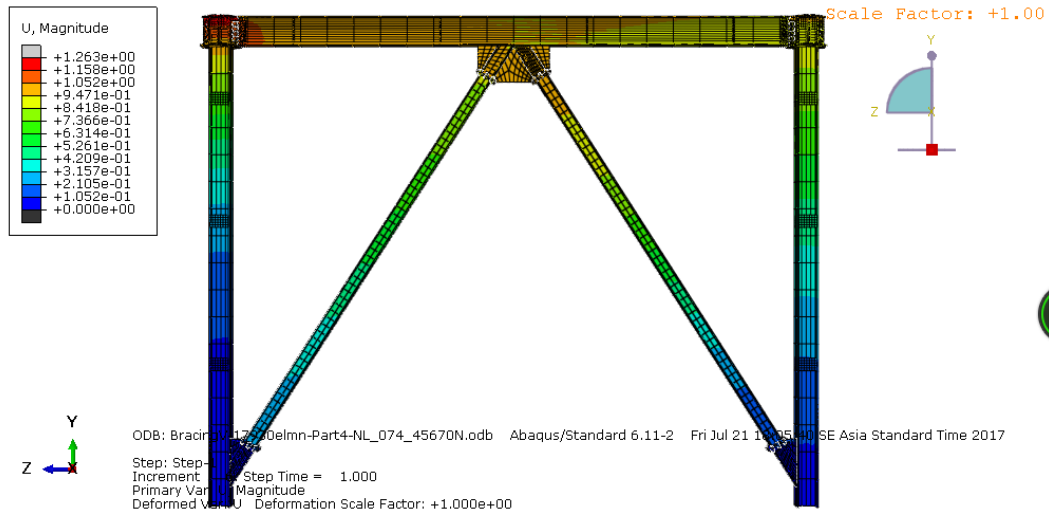
Gambar 5. 12 Nilai *hysteretic energy* portal baja dengan *bracing* tipe V terbalik , K dan X serta portal baja tanpa *bracing*

Dari hasil perbandingan struktur Portal Baja dengan *Bracing* tipe V Terbalik , K dan X serta Portal Baja tanpa *Bracing*, dapat diketahui bahwa struktur portal baja yang menggunakan *bracing* paling aman untuk digunakan karena memiliki nilai simpangan yang kecil, nilai kekakuan yang besar, dan nilai *hysteretic energy* total yang kecil dibandingkan dengan struktur portal baja yang tidak menggunakan *bracing*.

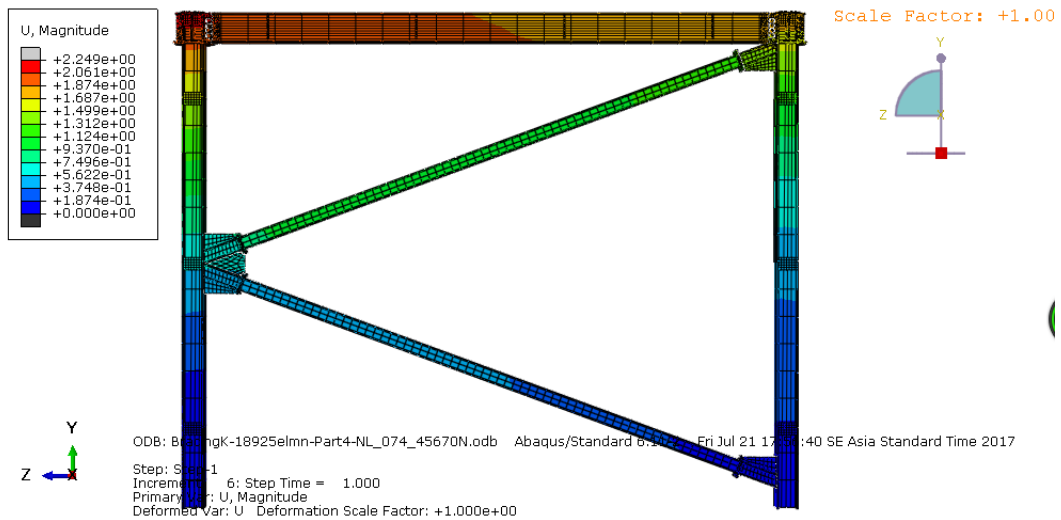
#### D. Tampilan Benda Uji Hasil Simulasi

Berikut ini seperti yang dapat disajikan pada Gambar 5.13, 5.14, 5.15 dan 5.16 merupakan tampilan hasil simulasi Portal Baja dengan Variasi *Bracing* tipe V

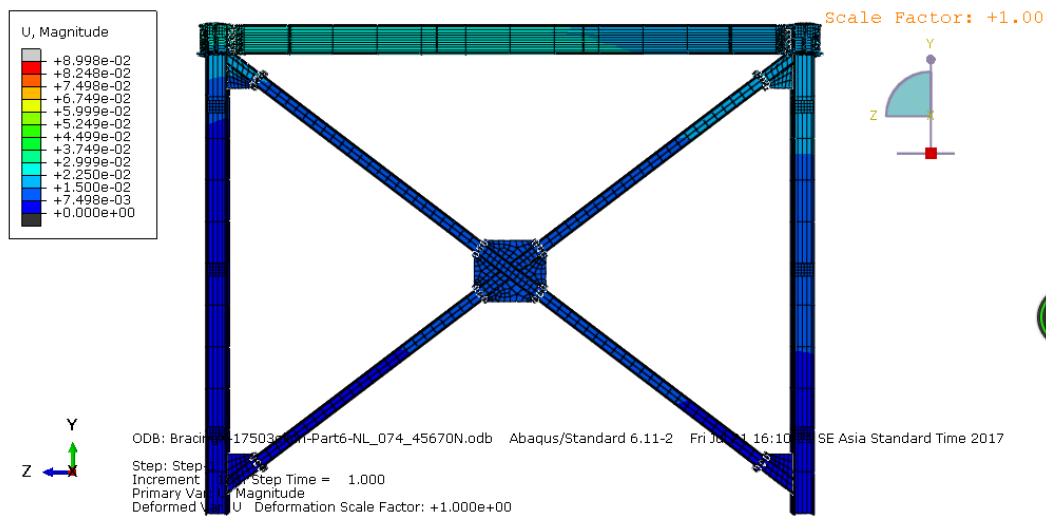
Terbalik, K, dan X serat portal baja tanpa *Bracing* yang telah diberi beban *static* gempa dan telah dilakukan pemodelan dengan bantuan *software abaqus 6.11*



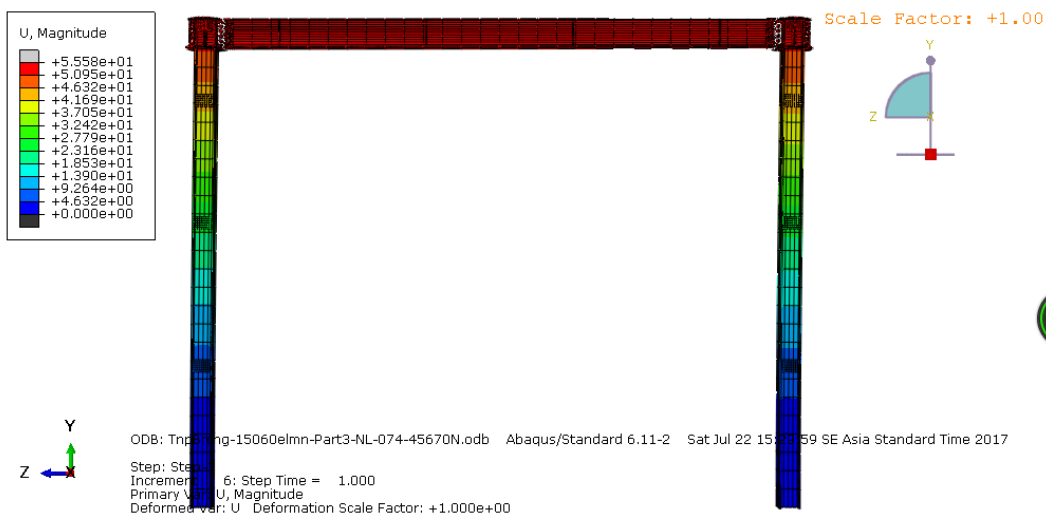
Gambar 5. 13 Hasil simulasi portal baja dengan *bracing* tipe V terbalik



Gambar 5. 14 Hasil simulasi portal baja dengan *bracing* tipe K



Gambar 5. 15 Hasil simulasi portal baja dengan *bracing* tipe X



Gambar 5. 16 Hasil simulasi portal baja tanpa *bracing*

Dari keempat hasil simulasi yang dapat dilihat pada 5.13, 5.14, 5.15 dan 5.16 dapat diketahui bahwa energi yang ditimbulkan dengan adanya beban lateral yang diberikan sudah hampir tersebar merata pada badan semua model *bracing* yang telah dibuat, Namun dari hasil simulasi tersebut untuk setiap model *bracing* memiliki penyebaran energi yang tidak sama, hal ini dikarenakan setiap model memiliki bentuk *bracing* yang berbeda-beda. Dalam gambar hasil analisis tersebut terdapat beberapa warna yang mempunyai arti berbeda.



1. Warna Abu-abu menandakan bahwa portal baja tersebut setelah mendapatkan beban puncak atau maksimum
2. Warna Merah menandakan bahwa portal baja tersebut telah menerima beban puncak atau maksimum yang dapat diterima, setelah mendapatkan beban puncak portal baja tersebut akan kembali kepada bentuk semulanya.
3. Warna Kuning menandakan bahwa energi maksimum masih dapat diredam oleh frame benda uji tersebut
4. Warna Hijau merupakan titik balik atau tengah-tengah dari suatu beban yang mengalami penyebaran.
5. Warna Biru pada *visualisasi* hasil pemodelan ini terdapat dua (2) yaitu biru muda dan tua, Warna biru muda menandakan bahwa portal baja tersebut telah atau baru menerima energi akibat beban, untuk warna biru tua bisa dikatakan sama sekali belum menerima pergerakan energi dari beban yang diberikan. Atau beban dalam kondisi nol energi.