

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Struktur

1. Data-data perencanaan:

Data Umum:

Jumlah lantai	: 2 lantai
Tinggi bangunan	: 11,5 m
Lebar bangunan	: 35 m
Panjang bangunan	: 112,5 m

Data Tinjauan:

Jumlah lantai	: 2 lantai
Tinggi lantai	
Lantai 1	: 5,5 m
Lantai 2	: 2,9 m
Lebar lantai	: 7,2 m

2. Bahan

a. Beton

Kuat desak beton rencana $f'c = 20$ MPa (K250)

Modulus Elastis beton = $4700 \sqrt{f'c}$ MPa = 21000 MPa

b. Baja tulangan

Baja tulangan yang dipakai adalah baja polos menggunakan $f_y = 240$

Mpa dan baja tulangan deform dengan $f_y = 400$ Mpa

c. Baja profil

Baja profil yang digunakan adalah baja BJ 37 dengan tegangan leleh 240 MPa dan tegangan putus 370 MPa

3. Dimensi plat lantai

Dimana:

Tebal plat lantai dasar	: paving 3 cm
Tebal plat lantai 1	: 12 cm
Tebal plat lantai 2	: 12 cm

4. Dimensi balok dan kolom

Dimensi dan denah analisis balok dan kolom sudah ditentukan, yaitu :

- Kolom lantai 1 digunakan WF 300mm x 300mm x 10mm x 15mm
- Kolom lantai 2 digunakan WF 250mm x 250mm x 9mm x 14mm
- Balok lantai 1 dan 2 digunakan WF 350mm x 175mm x 7mm x 11m

Dengan dimensi kolom yang telah ditentukan maka didapatkan kekauan kolom sebagai berikut:

- Kolom lantai 1 WF 300mm x 300mm x 10mm x 15mm

Modulus Inersia I_x : 20.400 cm⁴

$$\begin{aligned} \text{Kekakuan kolom} &= \frac{12 \times 200000 \times 20400 \text{ cm}^4}{550^3} \\ &= 294,274 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

- Kolom lantai 2 digunakan WF 250mm x 250mm x 9mm x 14mm

Modulus Inersia I_x : 10.800 cm⁴

$$\begin{aligned} \text{Kekakuan kolom} &= \frac{12 \times 200000 \times 10800 \text{ cm}^4}{290^3} \\ &= 1062,774 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Tabel 5. 1 Kekauan kolom tiap lantai

Lantai	Kolom	Inersia (cm ⁴)	Modulus Elastik Baja (N/mm ²)	Kekauan Kolom (kg/cm)	Kekauan Tingkat (kg/cm)
2	wf 250x250x9x14	10800	200000	1062,774	2125,548
1	wf 300x300x10x15	20400	200000	294,274	588,549

5. Kategori gedung

Berdasarkan SNI-1726-2002 struktur Taman Parkir Abu Bakar Ali Yogyakarta ini berada pada wilayah gempa zona 3 dan memiliki 2 tingkat lantai ($n=2$), dengan nilai koefisien (ζ) yang membatasi waktu getar alami Fundamental struktur gedung adalah 0,18. Adapun nilai C yang merupakan faktor gempa didapat dari perhitungan yang akan dijelaskan pada subbab berikutnya, dengan nilai faktor keutamaan $I = 1$ karena termasuk ke dalam kategori gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran, sedangkan nilai faktor reduksi gempa $R= 8,0$ karena struktur bangunan memiliki daktilitas penuh.

6. Pembebanan

1. Beban Mati

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, beban mati yang merupakan berat sendiri adalah sebagai berikut :

Tabel 5. 2 Beban mati
(Setiawan, A. 2013)

No	Material	Berat Satuan
1.	Beton bertulang	24 KN/m ³
2.	Dinding ½ batu	2,5 KN/m ²
3.	Plafond, rangka, penggantung	0,2 KN/m ²
4.	Pasir	18 KN/m ³
5.	Usuk, reng, genting	0,5 KN/m ²
6.	Kayu	1 KN/m ³

2. Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja sesuai dengan fungsi bangunan. Beban hidup untuk parkir motor diambil sebesar 4 kN/m².

3. Beban Gempa

a) Koefisien reduksi beban hidup adalah sebesar 0,4

B. Analisa Gaya Gempa Nominal Statik Ekuivalen.

Analisis statik ekuivalen adalah salah satu metode menganalisis struktur gedung terhadap pembebanan gempa dengan menggunakan beban gempa nominal statik ekuivalen. Analisis statik ekuivalen ini menggunakan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI – 1726 – 2012). Analisis 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. Menentukan berat tiap lantai

Berat bangunan tiap lantai dihitung dengan meperhitungkan semua komponen bangunan yang ada di atasnya termasuk balok, kolom, beban hidup dan seluruh elemen vertikal yang membebani pada tiap lantai di atasnya. Berdasarkan hal tersebut maka didapat nilai berat tiap lantai tinjauan pada satu frame bangunan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{a) Lantai 1} &= W_{\text{kolom}} + W_{\text{balok}} + W_{\text{plat}} + W_{\text{beban hidup}} \\
 \text{Kolom} &= \{ (2 \times h_{(k1)} \times W_{(k1)}) + (2 \times h_{(k2)} \times W_{(k2)}) \} \\
 &= \{ (2 \times 5,5 \text{ m} \times 0,094 \text{ T/m}) + (2 \times 2,9 \text{ m} \\
 &\quad \times 0,0724 \text{ T/m}) \} \\
 &= 1,4539 \text{ Ton} \\
 \text{Balok} &= \{ (l_{(b1)} \times W_{(b1)}) + (l_{(b2)} \times W_{(b2)}) \} \\
 &= \{ (6,7\text{m} \times 0,0496 \text{ T/m}) + (6,75\text{m} \times 0,0496\text{T/m}) \} \\
 &= 0,667 \text{ Ton} \\
 \text{Plat lantai} &= \{ 2 \times (p \times l \times t \times W_{\text{beton bertulang}}) \} \\
 &= \{ 2 \times (7,2\text{m} \times 3,6\text{m} \times 0,12\text{m} \times 2400\text{kg/m}^2) \} \\
 &= 14,928 \text{ Ton} \\
 \text{Beban hidup} &= \{ 2 \times (\text{luas plat} \times W_{\text{beban hidup gedung parkir}}) \} \\
 &= \{ 2 \times (7,2\text{m} \times 3,6\text{m} \times 400 \text{ kg/m}^2) \} \\
 &= 20,736 \text{ Ton} \\
 \text{Wt lantai 1} &= 1,2 (W_{\text{kolom}} + W_{\text{balok}} + W_{\text{plat}}) + 1,6 (W_{\text{beban hidup}}) \\
 &= 1,2 (1,453 \text{ Ton} + 0,667 \text{ Ton} + 14,928 \text{ Ton}) +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 1,6 (20,736 \text{ Ton}) \\
 & = 53,6352 \text{ Ton} \\
 \text{b) Lantai 2} & = W_{\text{kolom}} + W_{\text{balok}} + W_{\text{plat}} + W_{\text{beban hidup}} \\
 \text{Kolom} & = (2 \times h_{(k2)} \times W_{(k2)}) \\
 & = (2 \times 2,9\text{m} \times 0,0724 \text{ T/m}) \\
 & = 0,419 \text{ Ton} \\
 \text{Balok} & = (l_{(b2)} \times W_{(b2)}) \\
 & = (6,75\text{m} \times 0,0496\text{T/m}) \\
 & = 0,334 \text{ Ton} \\
 \text{Plat lantai} & = \{ (p \times l \times t \times W_{\text{beton bertulang}}) \} \\
 & = \{ (7,2\text{m} \times 3,6\text{m} \times 0,12\text{m} \times 2400\text{kg/m}^2) \} \\
 & = 7,464 \text{ Ton} \\
 \text{Beban hidup} & = \{ (\text{luas plat} \times W_{\text{beban hidup gedung parkir}}) \} \\
 & = \{ (7,2\text{m} \times 3,6\text{m} \times 400 \text{ kg/m}^2) \} \\
 & = 10,368 \text{ Ton} \\
 \text{Wt lantai 2} & = 1,2 (W_{\text{kolom}} + W_{\text{balok}} + W_{\text{plat}}) + 1,6 (W_{\text{beban hidup}}) \\
 & = 1,2 (0,419 \text{ Ton} + 0,334 \text{ Ton} + 7,464 \text{ Ton}) + 1,6 (10,368 \\
 & \quad \text{Ton}) \\
 & = 26,449 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

2. Menentukan taksiran waktu gempa alami (T) secara empiris

Dalam pedoman SNI 1726 – 2012 perencanaan ketahanan gempa untuk rumah dan gedung disebutkan bahwa untuk keperluan analisis pendahuluan struktur dan pendimensian dari unsur-unsurnya, waktu geter alami (T_1 dalam detik) pada struktur gedung berupa portal tanpa unsur-unsur pengaku dan simpangan dapat ditentukan dengan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$T = C_t (h_n)^x$$

Berdasarkan Tabel 15 SNI - 1726 - 2012, didapatkan :

$$\text{Nilai } C_t = 0,0731 \text{ (Rangka baja dengan bresing)}$$

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

$$\text{Nilai } h_n = \text{tinggi total bangunan (10 meter)}$$

$$\text{Maka didapat nilai } T = 0,0731 \times (11,5)^{0,75} = 0,456 \text{ detik}$$

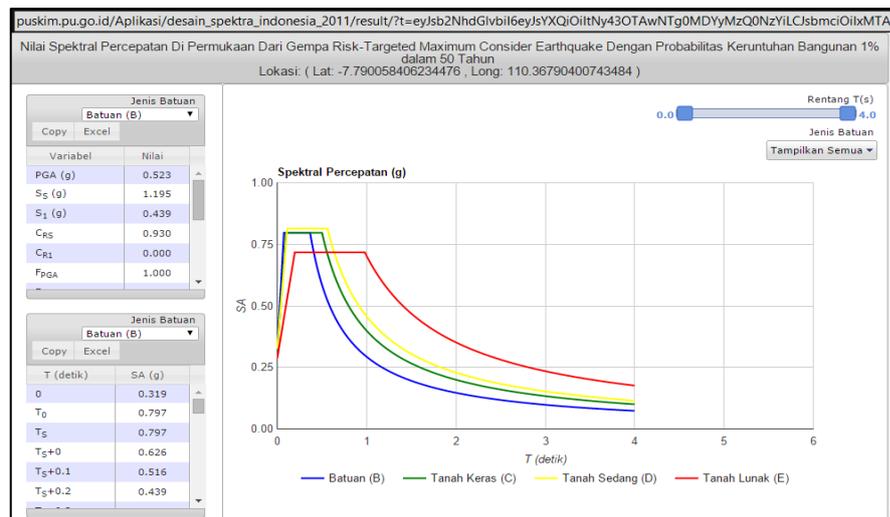
3. Parameter Respon Spektrum

Parameter spektrum respon kota Yogyakarta berdasarkan acuan yang ada pada http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011. Beban gempa tersebut akan didesain dengan periode ulang 2500 tahun, dan Pada lokasi penelitian ini diasumsikan kasifikasi tanah sedang (SD). Didapatkan hasil:

- Nilai spektra percepatan pada 0,2 detik (S_s) = 1,195 g = 1,2 m/dt².
- Nilai spektra percepatan pada 1 detik (S_1) = 0,439 g = 0,4 m/dt².
- Kondisi tanah berdasarkan tabel 4 dan 5 SNI 1726-2012 untuk klasifikasi tanah SD nilai F_a dan F_v .

Dari Tabel 4 dan 5 SNI 03-1726-2012 didapat nilai F_a dan F_v yaitu :

- Dengan nilai $S_s = 1,2$ maka dari tabel 4 peta gempa 2010 didapatkan nilai $F_a = 1,1 - \left(\frac{1}{1,25} \cdot (1,1 - 1) \right) = 1,02$
- Dengan nilai $S_1 = 0,4$ maka dari tabel 5 peta gempa 2010 didapatkan nilai $F_v = 1,6$



Gambar 5. 1 Respon spektrum Yogyakarta, Klasifikasi Tanah D

($S_s = 1,2$; $S_1 = 0,4$) Periode Ulang 2500 Tahun

Sumber : 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. Didapatkan nilai parameter untuk zona kegempaan tiga (3) :

$$S_{MS} = S_s \times F_a = 1,2 \times 1,02 = 1,2$$

$$S_{M1} = S_1 \times F_v = 0,4 \times 1,6 = 0,6$$

$$S_{DS} = \left(\frac{2}{3}\right) \times S_{MS} = 0,816$$

$$S_{D1} = \left(\frac{2}{3}\right) \times S_{M1} = 0,427$$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,1 \text{ dtk}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,523 \text{ dtk}$$

$$C_s = 0,816 / (8/1) = 0,102$$

$$C_{s \text{ min}} = 0,044 \times 0,816 \times 1 = 0,035904$$

$$C_{s \text{ max}} = 0,427 / \{0,411 \times (8/1)\} = 0,13$$

Karena $C_{s \text{ min}} < C_s < C_{s \text{ max}}$ maka diambil $C_s = 0,102$

4. Perhitungan Gaya Geser Dasar

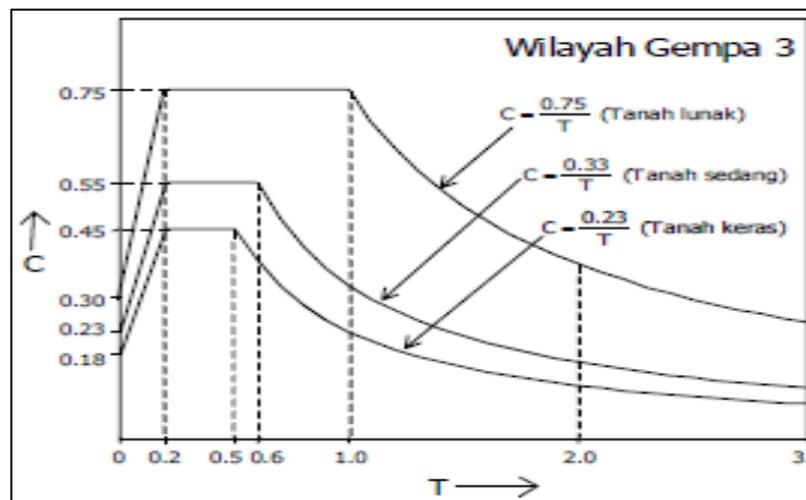
Menurut SNI-1726-2002 struktur bangunan gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebeanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur tersebut yaitu berupa beban nominal statik ekuivalen. Maka dapat dirumuskan gaya geser dasar menurut persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{C \cdot I}{R} \cdot W_t \dots\dots\dots(5. 1)$$

dengan :

- V = gaya geser dasar gempa
- C = koefisien gempa dasar
- R = koefisien reduksi gempa
- W_t = berat total struktur
- I = factor keutamaan struktur

Karena gedung merupakan kategori gedung umum maka nilai $I = 1$. Sedangkan R merupakan faktor reduksi gempa yang nilainya ($R = 8,0$) karena gedung diasumsikan daktail penuh dan W_t merupakan berat total pada bangunan. Koefisien gempa dasar (C), dihitung sesuai dengan tempat dimana bangunan akan dibangun, yaitu dengan menghubungkan antara periode getar struktur dengan jenis tanah tempat struktur akan dibangun. Dimana C adalah nilai faktor respons gempa dimana untuk wilayah gempa 3 dan jenis tanah diasumsikan tanah sedang maka nilai $C = 0,33/T$, sehingga nilai $C=0,33/0,29= 1,13$.



Gambar 5. 2 Respon spektrum gempa rencana wilayah gempa 3 (SNI 03-1726-2002)

Setelah semua komponen untuk mencari gaya geser dasar (V) sudah didapat, maka gaya geser dasar (V) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{C \cdot I}{R} \cdot W_t \quad \text{atau} \quad V = C_s \cdot W_t \dots\dots\dots (5.2)$$

Jadi , gaya geser dasar (V) awal yang digunakan adalah

$$\begin{aligned} V &= C_s \cdot W_t \\ &= 0,102 \times 80 \text{ Ton} \\ &= 8,16 \text{ ton} = 81600 \text{ N} \end{aligned}$$

5. Distribusi Vertikal Gaya Gempa (F_i)

Nilai k untuk $T = 0,361$ adalah 1.

Nilai k ini diambil berdasarkan SNI-1726-2012 pasal 7.8.3 tentang Distribusi Vertikal gaya Gempa yang menyatakan bahwa :

- $k = 1$, untuk struktur yang mempunyai perioda $\leq 0,5$ detik.
- $k = 2$, untuk struktur yang mempunyai perioda $\geq 2,5$ detik.
- k ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2, untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik dengan nilai interpolasi $k = 1 + \{(0,361 - 0,5)/(2,5 - 0,5)\} = 0,9722$.

Maka dapat dihitung gaya horisontal tingkat (F_i)

$$F = \frac{w_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i} \cdot V \quad \dots\dots\dots(5.3)$$

Dengan,

W_i = bagian berat seismic efektif total (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i

h_i = tinggi dari dasar sampai tingkat i , dinyatakan dalam meter (m)

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton (kN)

Tabel 5.3 Distribusi vertikal gaya gempa (F_i)

Lantai	V (Ton)	W_i (Ton)	H_i (m)	$W_i * H_i^k$	F_i (Ton)
2	8,160	26	8.4	222.172	3.506
1	8,160	54	5.5	294.993	4.654
Σ		80.084		517.165	8.160

6. Kontrol Periode Fundamental Struktur T menurut *Rayleigh*

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i}} \dots\dots\dots (5.4)$$

Dimana :

W_i = bagian berat seismic efektif total (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat ke i

d_i = merupakan simpangan horizontal lantai pada tingkat ke i

F_i = merupakan gaya horizontal lantai pada tingkat ke i

g = percepatan gravitasi 981 cm/detik².

Tabel 5.4 Analisa struktur T menurut *Rayleigh*

Lantai	W_i	h_i	$W_i \cdot h_i^k$	F_i	V_i
	ton	m	ton.m	ton	ton
2	26	8.4	222.172	3.506	3.506
1	54	5.5	294.993	4.654	8.16
		$\Sigma =$	277,1		

k_i	Y_i	d_i	$W_i \cdot d_i^2$	$F_i \cdot d_i$
ton/cm	cm	cm	ton.cm ²	ton.cm
2.126	1.649	15.503	6356.832	54.354
0.589	13.854	13.854	10294.343	64.477
		$\Sigma =$	2577,856	34,291

Jadi, T menurut *Rayleigh* sebesar :

$$T = 6,3 \sqrt{\frac{16651,175}{981 \times 118,831}} = 2,38 \text{ detik}$$

7. Kontrol Batasan Periode Fundamental Struktur

Nilai $SD1 = 0,4$ ----- Nilai $C_u = 1,4$ (Tabel 14 SNI 1726:2012)

Didapatkan :

$T_a = 0,456$ detik

$T_{a.Cu} = 0,6314$ detik.

$T_{Rayleigh} = 2,38$ detik

Menurut FEMA 451 terdapat 4 ketentuan batasan nilai periode yaitu:

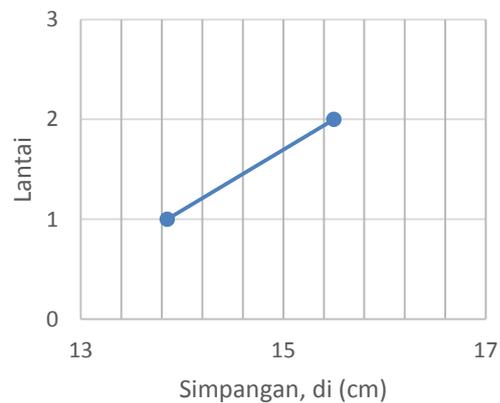
$T_a > T_{a.Cu}$ maka digunakan $T_{a.Cu}$

$T_a < T_{Rayleigh} < T_{a.Cu}$ maka gunakan $T_{Rayleigh}$

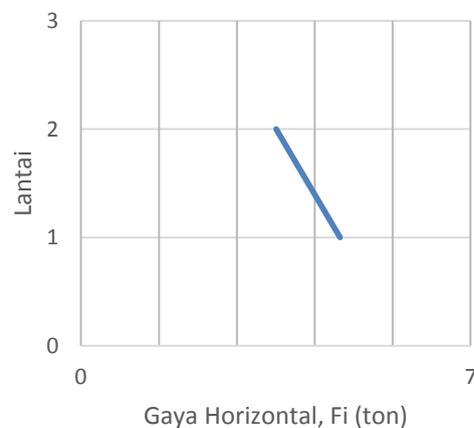
$T_{Rayleigh} < T_a$ maka digunakan T_a

$T_{Rayleigh} > T_{a.Cu}$ maka digunakan $T_{Rayleigh}$

Berdasarkan ketentuan diatas, $T_{a.Rayleigh} > T_a \cdot C_u$, maka nilai T diambil dari $T_{Rayleigh}$ yaitu sebesar 2,38 detik.



Gambar 5. 3 Simpangan per lantai



Gambar 5. 4 Gaya hirizontal per lantai

C. Konvergensi

Pada subbab ini akan dibahas hasil dari analisa uji portal baja dengan menggunakan program bantu metode elemen hingga yaitu *Software Abaqus*. Pada penelitian ini dibuat 4 jenis model benda uji yaitu portal baja tanpa bracing dan portal baja dengan bracing dengan variasi tipe V, K dan X.

Sebelum dilakukan analisis secara keseluruhan, terlebih dahulu menentukan jumlah elemen yang akan dipakai untuk setiap benda uji yang tertera dalam **Lampiran 1**. Semakin kecil ukuran *meshing* yang digunakan maka semakin banyak pula jumlah elemen yang didapatkan, hal ini menandakan bahwa hasil yang diperoleh akan semakin *detail* dan presisi namun dibalik itu semua ada konsekuensi yang didapatkan yaitu dalam proses perhitungan atau *running* pada program *Abaqus* akan memakan waktu yang semakin lama. Begitu juga sebaliknya jika menggunakan ukuran *meshing* yang semakin besar, maka waktu yang dibutuhkan untuk proses perhitungan atau *running* pada program *Abaqus* akan semakin cepat pula.

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 program *Abaqus* tetap akurat.

Analisis konvergensi dilakukan pada ke tiga benda uji yaitu pada *bracing* dengan variasi tipe V, tipe K dan tipe X. Dalam proses konvergensi untuk mencari nilai *meshing* atau jumlah elemen yang efektif digunakan beban tetap dan kemudian dibandingkan dengan hasil simpangan lateralnya. Setelah dilakukan analisis pada program *Abaqus*, data-data jumlah elemen dan hasil dari proses analisis program *Abaqus* dikumpulkan dengan *Microsoft Excel* untuk kemudian dilakukan pengolahan data dalam bentuk grafik perbandingan jumlah elemen dan simpangan lateral, dengan pendekatan simpangan lateral kurang dari 5%.

Tabel 5. 5 Konvergensi Bresing Tipe V

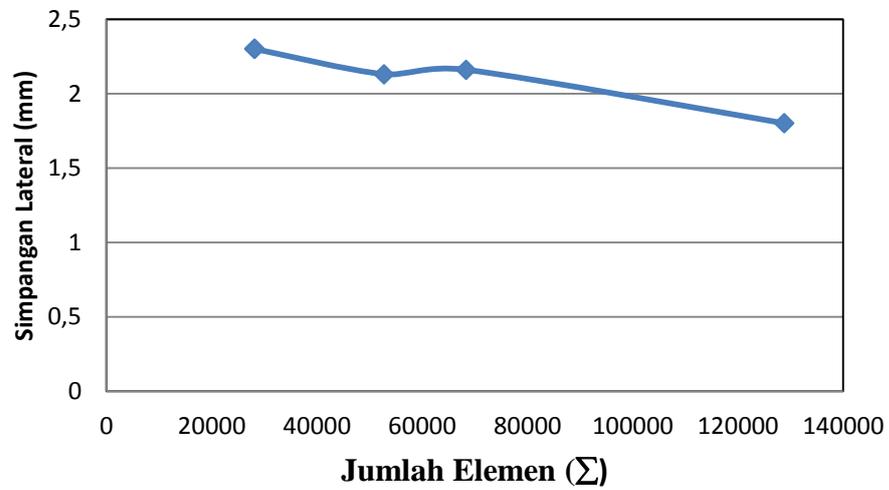
Jumlah elemen	LANTAI 1		LANTAI 2	
	Simpangan lateral (mm)	Persentase (%)	Simpangan lateral (mm)	Persentase (%)
128834	0,479	0,00024	1,8	16,667
68342	0,525	0,0000043	2,16	1,4085
52781	0,533	0,00017	2,13	7,3913
28166	0,564	0	2,3	0

Tabel 5. 6 Konvergensi Bresing Tipe K

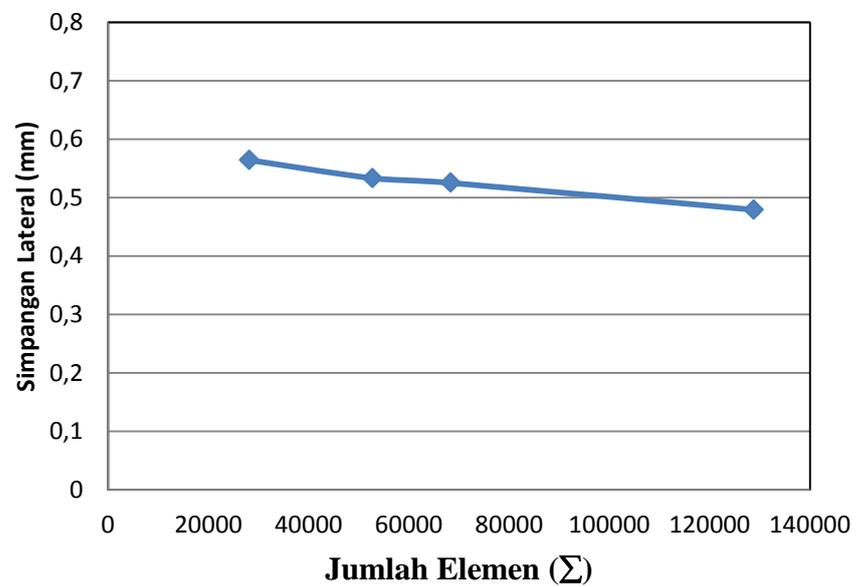
Jumlah elemen	LANTAI 1		LANTAI 2	
	Simpangan lateral (mm)	Persentase (%)	Simpangan lateral (mm)	Persentase (%)
114973	0,201	0,0000124	1,37	0,00462
64453	0,207	0,0000288	1,65	0,00033
42360	0,192	0	1,67	0
32064	0,192	0,00000191	1,67	0,00034
28568	0,191	0,00000192	1,69	0,00113
26124	0,192	0	1,62	0

Tabel 5. 7 Konvergensi Bresing Tipe X

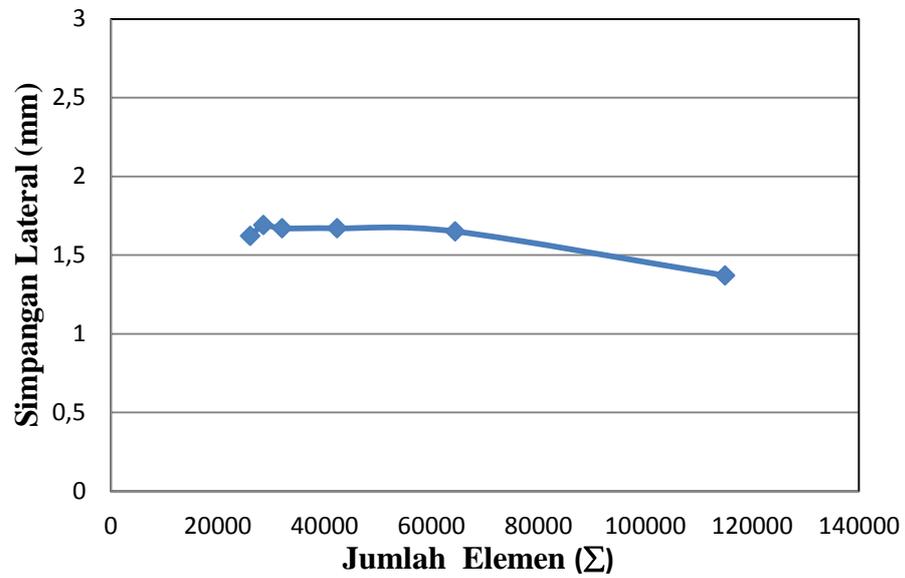
Jumlah elemen	LANTAI 1		LANTAI 2	
	Simpangan lateral (mm)	Persentase (%)	Simpangan lateral (mm)	Persentase (%)
26680	0,805	0	2,5881	0
28026	0,805	0,000195	2,5881	0,00206
43464	0,78	0,0006	2,6653	0,00105
72692	0,85	0	2,7041	0



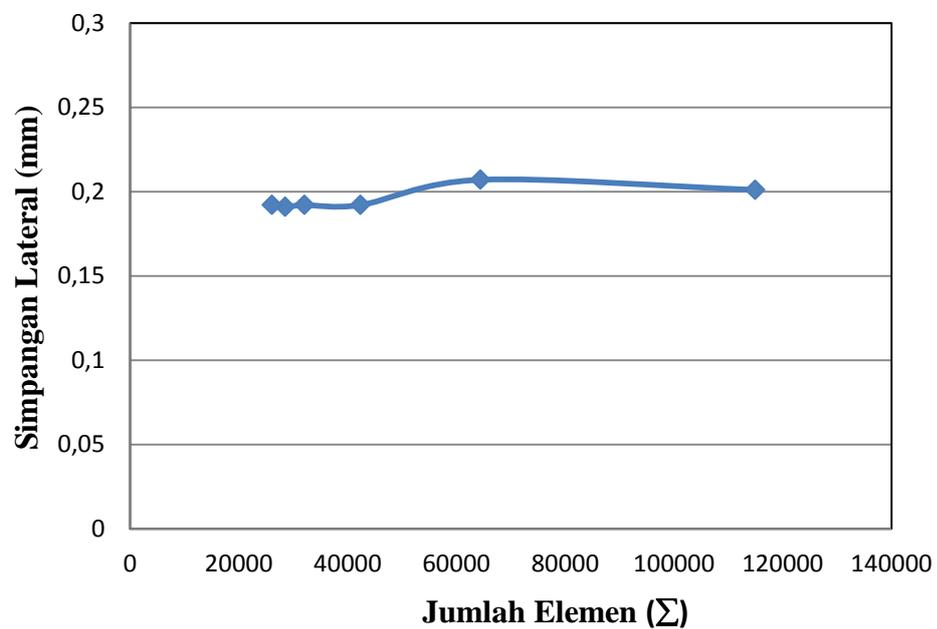
Gambar 5. 5 Grafik perbandingan antara jumlah elemen dengan nilai simpangan lateral tipe V lantai 1



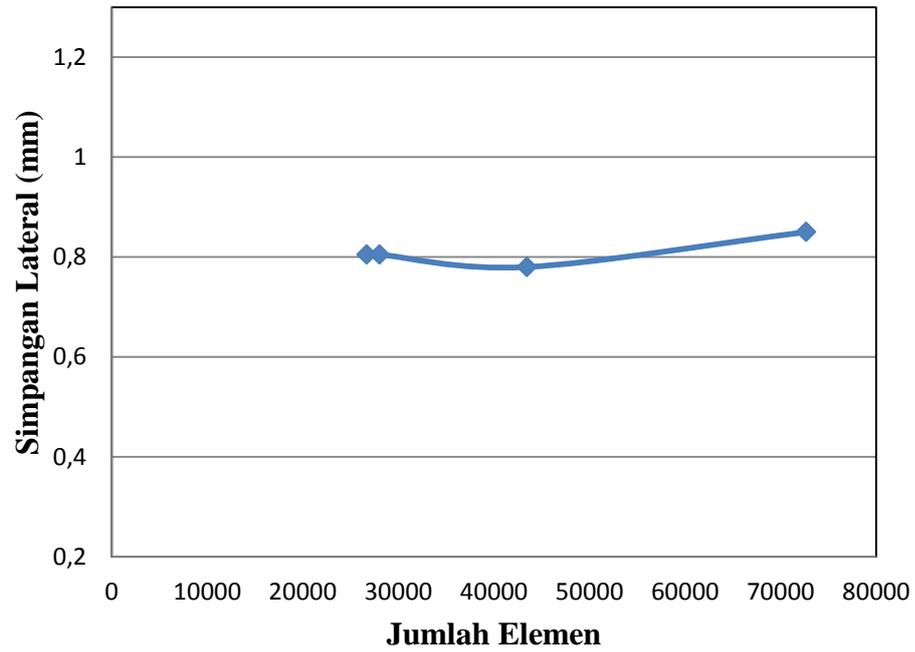
Gambar 5. 6 Grafik perbandingan antara jumlah elemen dengan nilai simpangan lateral tipe V lantai 2



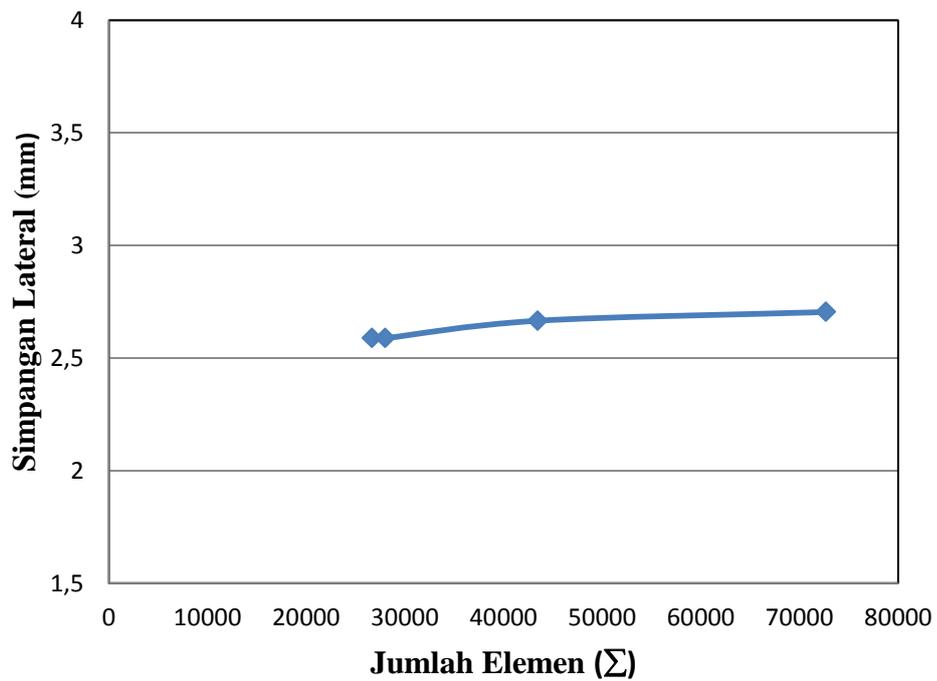
Gambar 5. 7 Grafik perbandingan antara jumlah elemen dengan nilai simpangan lateral tipe K lantai 2



Gambar 5. 8 Grafik perbandingan antara jumlah elemen dengan nilai simpangan lateral tipe K lantai 1



Gambar 5. 9 Grafik perbandingan antara jumlah elemen dengan nilai simpangan lateral bresing tipe X lantai 1



Gambar 5. 10 Grafik perbandingan antara jumlah elemen dengan nilai simpangan lateral bresing tipe X lantai 2

Berdasarkan grafik pada **Gambar 5.5** sampai **Gambar 5.10** diketahui bahwa nilai 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 kurang mendukung untuk proses *running*.

Hasil konvergensi benda uji pada **Tabel 9**, **Tabel 10** dan **Tabel 11** diatas merupakan data sementara atau data awal dari masing-masing *bracing* tipe V, tipe K dan tipe X. Untuk menuju proses selanjutnya yaitu proses *running* atau *rendering* ulang akan dimasukkan data-data yang lengkap pada program bantu diantaranya data nilai *elstic* dan nilai *plastic*, beban gempa sesuai dengan perhitungan yang dilakukan sebelumnya, serta dalam proses *running* telah menggunakan jenis perhitungan Non Linier. Maka dari itu, diambilah salah satu sampel benda uji yang telah di konvergensi dari ketiga tipe *bracing*, diantaranya :

1. Portal Baja tanpa *Bracing*

Benda uji yang akan digunakan untuk proses analisis selanjutnya pada Portal baja dengan *Barcing* tipe V adalah benda uji ke 3 dengan jumlah elemen 68342 elemen. Hasil *running* akhir dengan menggunakan data yang lengkap, didapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Lantai 1 didapat nilai simpangan lateral sebesar 84,3052 mm
- b. Lantai 2 didapat nilai simpangan lateral sebesar 178,612 mm

2. Portal Baja dengan *Bracing* Tipe V

Benda uji yang akan digunakan untuk proses analisis selanjutnya pada Portal baja dengan *Barcing* tipe V adalah benda uji ke 3 dengan jumlah elemen 68342 elemen. Hasil *running* akhir dengan menggunakan data yang lengkap, didapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Lantai 1 didapat nilai simpangan lateral sebesar 11,657 mm
- b. Lantai 2 didapat nilai simpangan lateral sebesar 60,967 mm

3. Portal Baja dengan Bracing Tipe K

Benda uji yang akan digunakan untuk proses analisis selanjutnya pada Portal baja dengan *Bracing* tipe K adalah benda uji ke 4 dengan jumlah elemen 42360 elemen. Hasil *running* akhir dengan menggunakan data yang lengkap, didapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Lantai 1 didapat nilai simpangan lateral sebesar 9,429 mm
- b. Lantai 2 didapat nilai simpangan lateral sebesar 46,0015 mm

4. Portal Baja dengan Bracing Tipe X

Benda uji yang akan digunakan untuk proses analisis selanjutnya pada Portal baja dengan *Bracing* tipe X adalah benda uji ke 3 dengan jumlah elemen 43464 elemen.

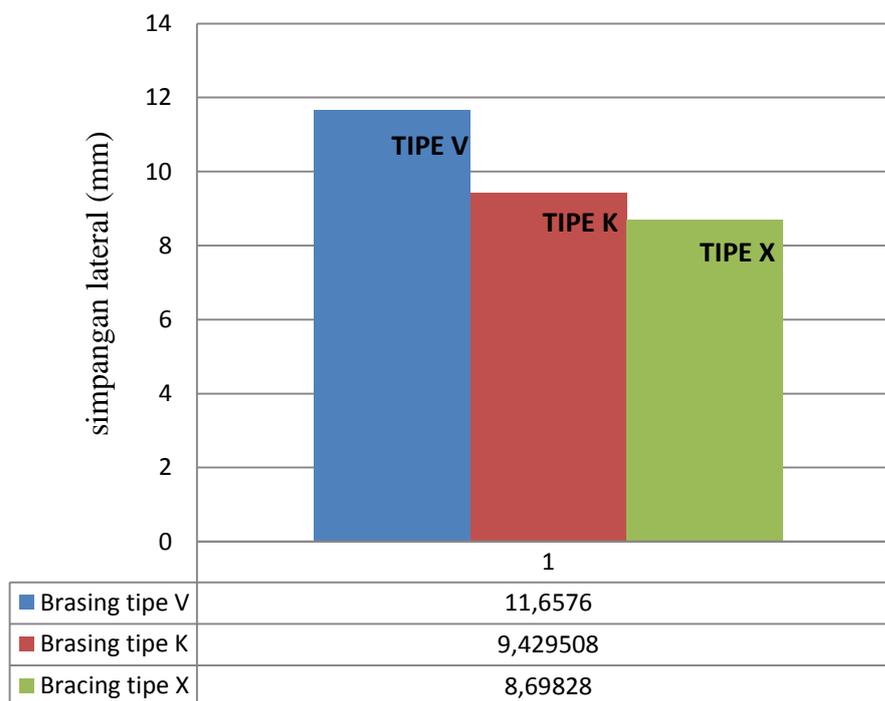
Hasil *running* akhir dengan menggunakan data yang lengkap, didapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Lantai 1 didapat nilai simpangan lateral sebesar 8,698 mm
- b. Lantai 2 didapat nilai simpangan lateral sebesar 31,7106 mm

D. Simpangan Lateral (Δ)

Simpangan 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 **Gambar 5.11** pada portal baja dengan menggunakan bresing beberapa variasi tipe mengalami perbedaan pada nilai simpangan lateral. Portal baja dengan *bracing* tipe X mengalami simpangan paling kecil yaitu 8,698 mm dan simpangan lateral paling besar terjadi pada portal baja dengan *bracing* tipe V yaitu sebesar 11,657 mm, sedangkan nilai simpangan lateral untuk portal baja dengan *bracing* tipe K memiliki nilai simpangan lateral diantara bracing X dan V yaitu sebesar 9,429 mm



Gambar 5. 11 Grafik nilai Simpangan Lateral *Bracing* Tipe V, K dan X

E. Hubungan Beban (p) dan Simpangan Lateral (Δ)

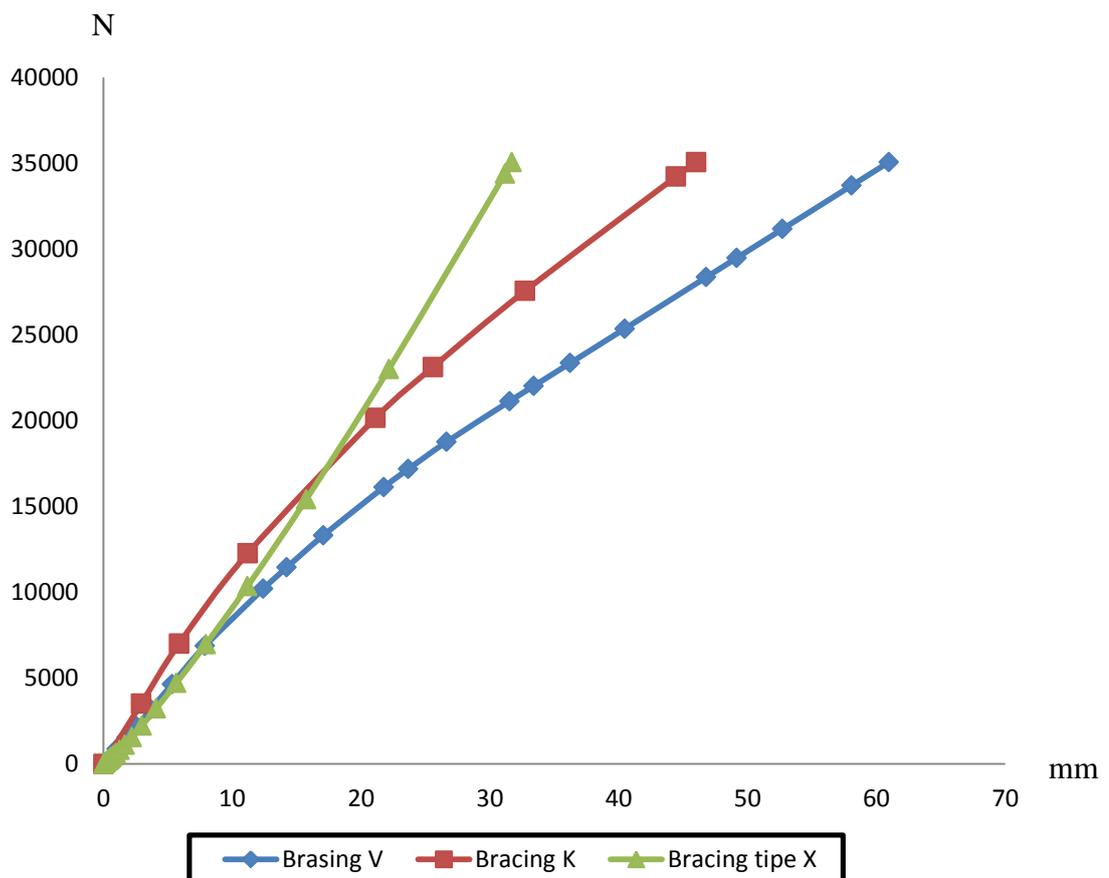
Data beban dan simpangan diperoleh dari output hasil akhir pengujian simpangan portal baja variasi *bracing* dengan menggunakan bantuan *software abaqus*. Berdasarkan data-data tersebut kemudian dibuat grafik hubungan beban dan Simpangan maksimum yang dapat terjadi.

Data hasil percobaan ini berupa beban dan simpangan dapat dilihat pada **Tabel 5.12** dan **Lampiran 2**, dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa kondisi maksimum saat percobaan memiliki nilai yang sama juga untuk kondisi akhir percobaan. Untuk nilai simpangan 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 yang lebih sedikit dibandingkan dengan benda uji *bracing* V dan K yaitu sebesar 0,8871 mm, Sedangkan *Bracing* K memiliki nilai simpangan terbesar yaitu sebesar 1,995 mm. Berdasarkan data-data hasil percobaan tersebut dibuat grafik hubungan beban dan simpangan maksimum yang dapat dilihat pada **Gambar 5.12**

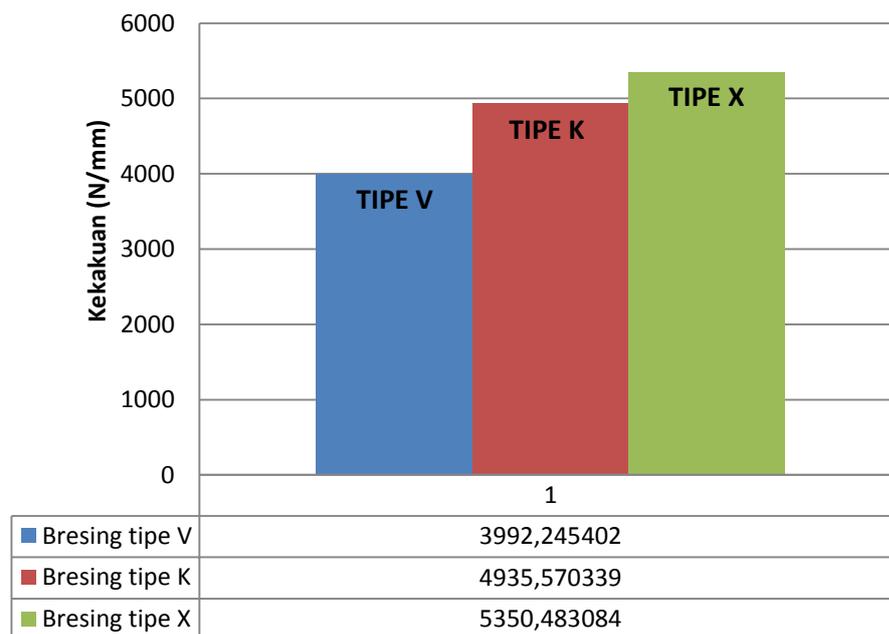
Tabel 5. 8 Beban dan Simpangan hasil Pengujian

Benda Uji	Pembebanan (kN)	Kondisi Maksimum	Kondisi Akhir Percobaan
<i>Bracing V</i>	80	$P_m = 80 \text{ kN}$	$P_m = 80 \text{ kN}$
		$\delta m = 60,96 \text{ mm}$	$\delta m = 60,96 \text{ mm}$
<i>Bracing K</i>	80	$P_m = 80 \text{ kN}$	$P_m = 80 \text{ kN}$
		$\delta m = 46,01 \text{ mm}$	$\delta m = 46,01 \text{ mm}$
<i>Bracing X</i>	80	$P_m = 80 \text{ kN}$	$P_m = 80 \text{ kN}$
		$\delta m = 31,71 \text{ mm}$	$\delta m = 31,71 \text{ mm}$

**Gambar 5. 12** Hubungan Beban dan Simpangan maksimum pada lantai 2

F. Analisis Kekakuan

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan nilai kekakuan mengakibatkan penurunan nilai periode alami, simpangan lateral dan gaya geser dasar pada struktur. Sehingga struktur memiliki respon yang stabil pada saat terjadi gempa.

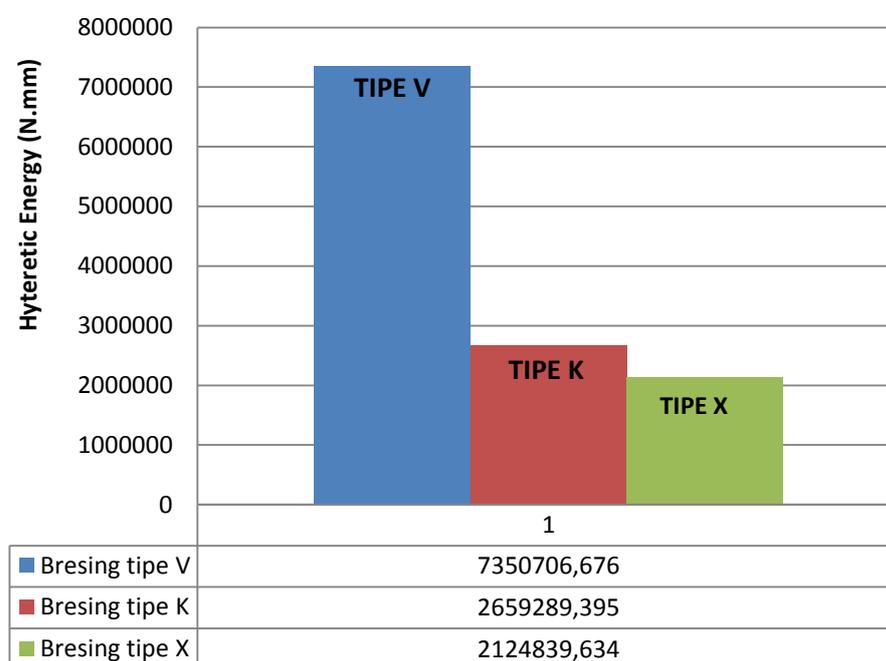


Gambar 5. 13 Kekakuan untuk bresing tipe V, K dan X ditinjau

Berdasarkan **Gambar 5.12** dapat dijelaskan bahwa Portal baja yang menggunakan Bracing X memiliki nilai kekakuan yang paling besar yaitu 5350,483 N/mm kemudian Portal baja yang menggunakan *Bracing* V dan K berurut-turut berada dibawahnya dengan nilai kekakuan 3992,2454 N/mm dan 4935,5703 N/mm. Perbedaan yang cukup signifikan ini dikarenakan setiap benda uji memiliki bentuk dari *bracing* yang berbeda, sehingga kekuatannya pun juga berbeda. Hal ini menyebabkan semakin besar nilai kekakuan pada sistem struktur portal maka kekuatan struktur dalam meredam gaya lateral semakin besar pula sehingga simpangan lateral yang terjadi semakin kecil dan kekakuan semakin besar maka struktur semakin stabil dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

G. Hysteretic Energy

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.



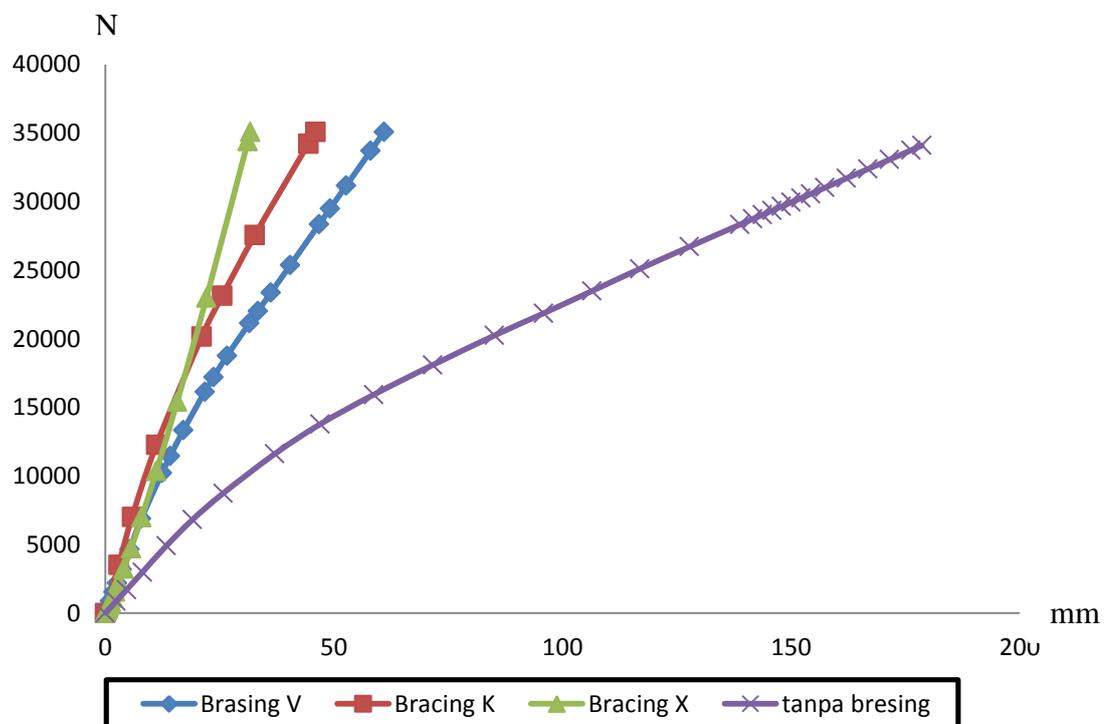
Gambar 5. 14 *Hysteretic energy* pada bresing Tipe V, K dan X

Dari grafik **Gambar 5.14** dapat dijelaskan bahwa portal baja yang memiliki nilai *Hysteretic Energy* yang paling kecil yaitu Portal baja yang menggunakan bracing tipe X yaitu sebesar 2124839,6 N/mm dan nilai *Hysteretic Energy* yang paling besar pada tipe V yaitu sebesar 7350706,676 N/mm.

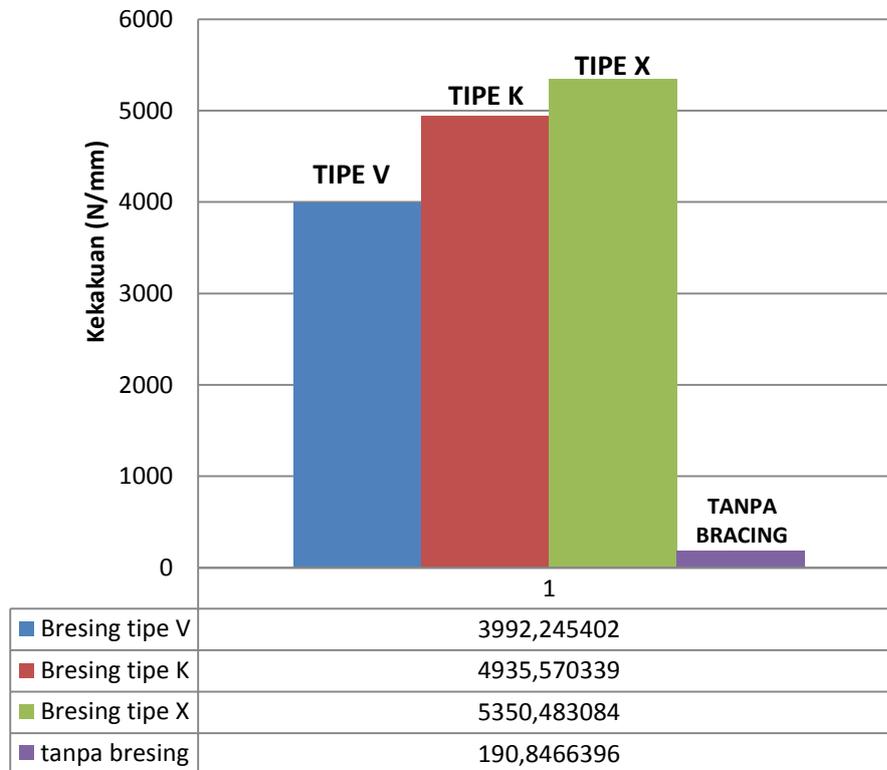
Dapat disimpulkan bahwa suatu struktur yang diberi beban lateral menyebabkan adanya suatu pola alur energi pada struktur saat meredam besaran energi yang terjadi akibat beban lateral. Semakin besar nilai energinya maka kekakuan struktur semakin kecil dan simpangan lateral yang terjadi pada struktur semakin besar dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

H. Perbandingan Hasil Penelitian Struktur Portal dengan *Bracing* Dan Tanpa *Bracing* dengan Program Bantu ABAQUS v 6.11

Hasil hubungan beban dan simpangan lateral yang telah dilakukan dari struktur portal baja yang menggunakan bracing tipe v terbalik, x, dan k dengan beban yang sama didapatkan Portal baja dengan *bracing* tipe X mengalami simpangan paling kecil yaitu 31,7106 mm dan simpangan lateral paling besar terjadi pada portal baja dengan *bracing* tipe V yaitu sebesar 60,9675 mm, sedangkan nilai simpangan lateral untuk portal baja dengan *bracing* tipe K memiliki nilai simpangan lateral diantara bracing X dan V yaitu sebesar 46,0015 mm sedangkan portal tanpa menggunakan bracing mengalami displacement maksimum sebesar 178,612 mm. Berdasarkan hasil beban dan displacement struktur portal baja yang menggunakan bracing dan tidak menggunakan bracing, diketahui bahwa struktur portal baja yang menggunakan bracing dapat mereduksi gaya yang terjadi akibat beban lateral dibandingkan dengan struktur portal baja yang tidak menggunakan bracing.



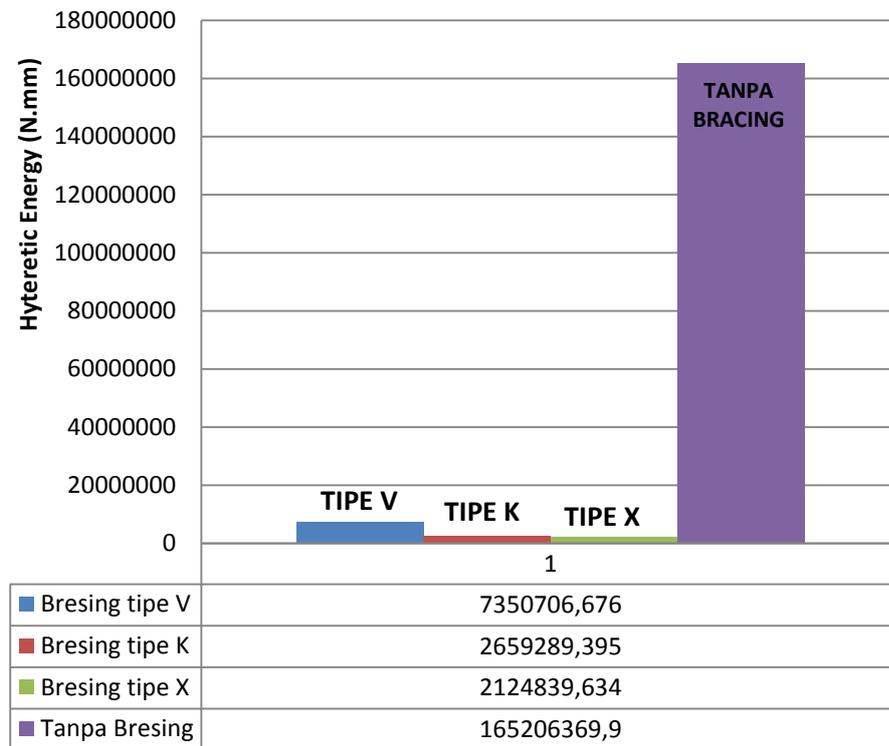
Gambar 5. 15 Hubungan beban dan simpangan lateral



Gambar 5. 16 Grafik perbandingan nilai kekakuan untuk portal dengan bresing dan tanpa bresing

Berdasarkan **Gambar 5.16** dapat dijelaskan bahwa struktur portal baja yang menggunakan bracing tipe v terbalik memiliki nilai kekakuan yaitu 3992,2454 N/mm, bracing tipe x memiliki nilai kekakuan sebesar 5350,48 N/mm, dan bracing tipe k memiliki nilai kekakuan sebesar 4935,5703 N/mm sedangkan struktur portal baja yang tidak menggunakan bracing memiliki nilai kekakuan sebesar 190,846 N/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 bresing.



Gambar 5. 17 Grafik nilai *hysteretic energy* untuk portal dengan *bracing* dan tanpa *bracing*

Berdasarkan **Gambar 5.17** dapat dijelaskan bahwa struktur portal baja yang menggunakan bresing tipe v terbalik memiliki nilai *hysteretic energy* yaitu 7350706,676 N.mm, *bracing* tipe x memiliki nilai *hysteretic energy* sebesar 2124839,634 N.mm, dan *bracing* tipe k memiliki nilai *hysteretic energy* sebesar 2659289,395 N.mm sedangkan struktur portal baja yang tidak menggunakan *bracing* memiliki nilai *hysteretic energy* yaitu 165206369,9 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 bresing.

Dari ketiga gambar diatas, dapat diketahui bahwa struktur portal yang menggunakan *bracing* paling aman digunakan karena memiliki nilai *displacement* yang kecil, nilai kekakuan yang besar, dan nilai *hysteretic energy* total yang kecil dibandingkan dengan struktur portal baja yang tidak menggunakan bresing.

I. Gambar Benda Uji Hasil Simulasi

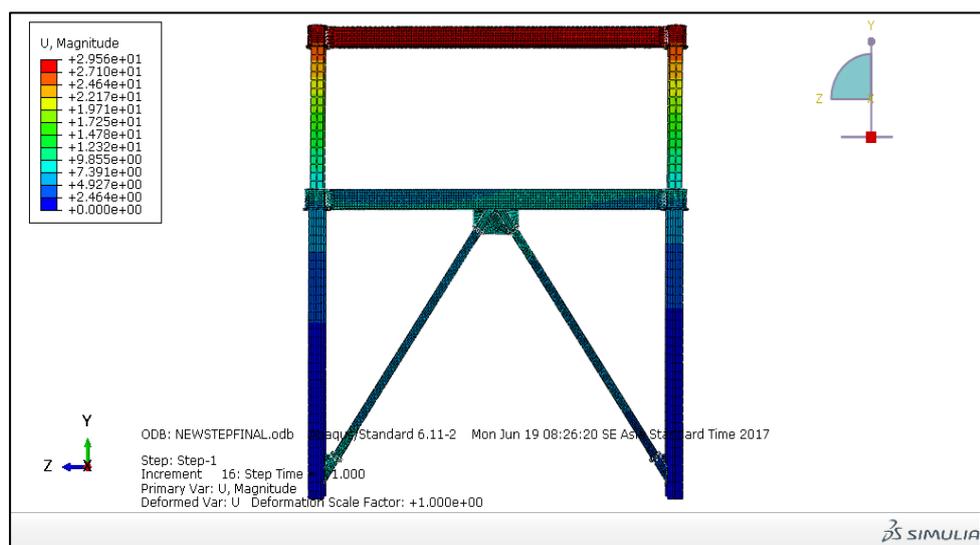
Berikut ini akan ditunjukkan gambar hasil simulasi Portal Baja tanpa menggunakan *bracing* dengan Portal Baja menggunakan Variasi *Bracing* tipe V, K, dan X yang diberikan beban statik gempa.

1. Portal Baja tanpa menggunakan *Bracing*



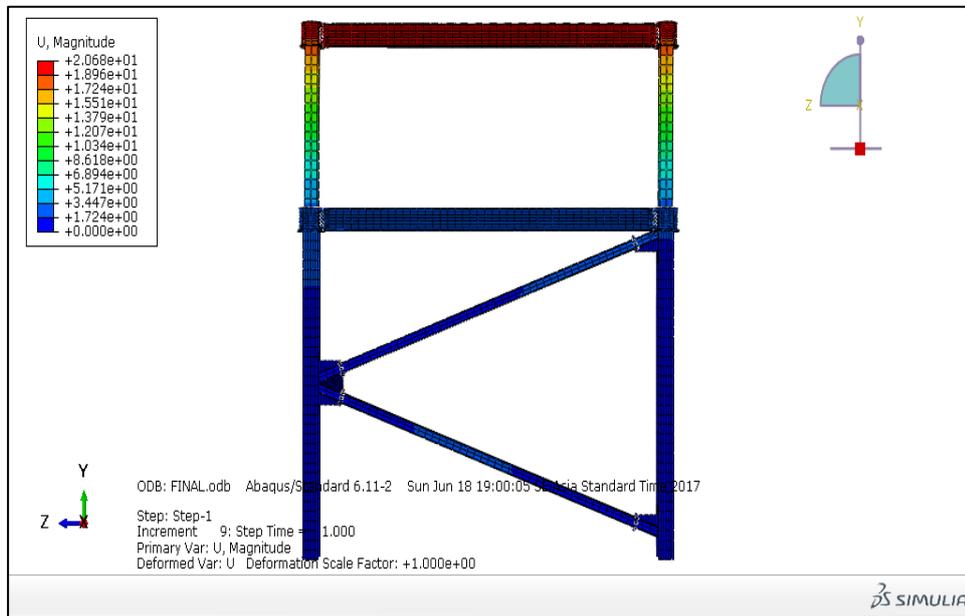
Gambar 5. 18 Hasil simulasi portal baja tanpa *bracing*

2. Portal Baja dengan *Bracing* tipe V



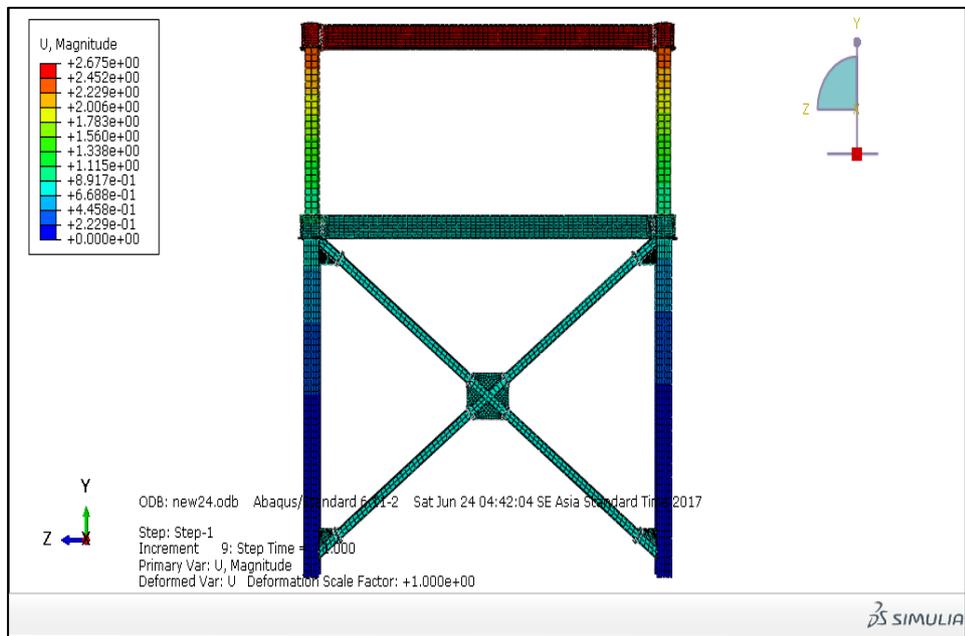
Gambar 5. 19 Hasil simulasi portal baja dengan *bracing* tipe V

3. Portal Baja dengan *Bracing* tipe K



Gambar 5. 20 Hasil simulasi portal baja dengan *bracing* tipe K

4. Portal Baja dengan *Bracing* tipe X



Gambar 5. 21 Hasil simulasi portal baja dengan *bracing* tipe X

Dari ketiga hasil simulasi yang dapat dilihat pada **Gambar 5.17, 5.18, 5.19 dan 5.21** dapat diketahui bahwa energi yang ditimbulkan dengan adanya beban lateral yang diberikan sudah hampir tersebar merata pada frame model *bracing* yang telah dibuat, Namun dari hasil simulasi tersebut untuk setiap model *bracing* memiliki pola penebaran energi yang tidak sama, hal ini dikarenakan model tipe *bracing* yang berbeda.

Dalam *Visualisasi* hasil dari simulasi tersebut terdapat warna Abu-abu, merah, kuning, hijau dan biru. warna-warna tersebut memiliki arti yang berbeda.

- a. Warna Abu-abu menandakan bahwa portal baja tersebut telah kembali kepada bentuk yang semula setelah mendapatkan beban puncak atau maksimum
- b. 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 semula.
- c. Warna Kuning menandakan bahwa energi maksimum masih dapat diredam oleh model pada *frame* benda uji.
- d. Warna Hijau merupakan titik balik atau tenga-tengah dari suatu beban yang mengalami penyebaran.
- e. Warna Biru pada *visualisasi* hasil pemodelan ini terdapat dua (2) yaitu biru muda dan tua, Warna biru muda menandakan bahwa portal baja telah mengalami atau baru menerima energi akibat beban yang mengalami penyebaran di benda uji. Warna biru tua bisa dikatakan sama sekali belum menerima pergerakan energi dari beban yang diberikan atau beban dalam kondisi nol.