

**ANALISIS PEMODELAN PERILAKU BEBAN DAN PERPINDAHAN  
PADA PORTAL DENGAN BRACING TIPE DIAGONAL EKSENTRIS  
DUA ARAH**

**SKRIPSI  
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**QISTHINA TAMIMI NURFIDIANI PUTRI  
NIM. 175060100111012**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG**

**2021**





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PEMODELAN PERILAKU BEBAN DAN PERPINDAHAN PADA PORTAL DENGAN BRACING TIPE DIAGONAL EKSENTRIS DUA ARAH

SKRIPSI  
TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



QISTHINA TAMIMI NURFIDIANI PUTRI  
NIM. 175060100111012

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 18 Juni 2021

Dosen Pembimbing I

Dr. Eng. Lilya Susanti., ST., MT.

NIP. 19850221 201903 2 003

Dosen Pembimbing II

Ir. Indra Waluyohadi, ST., MT., M.Sc

NIP. 201607 8870303 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1



Dr. Eng. Ir. Indradi W., ST., M.Eng. (Pract)

NIP. 19810220 200604 1 002



**HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI****JUDUL SKRIPSI:****Analisis Pemodelan Perilaku Beban dan Perpindahan pada Portal dengan *Bracing* Diagonal Eksentris Dua Arah**

Nama Mahasiswa : Qisthina Tamimi Nurfidiani Putri

NIM : 175060100111012

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

**TIM DOSEN PENGUJI:**

Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Lilya Susanti, ST., MT

Dosen Penguji 2 : Ir. Indra Waluyohadi, ST., MT., M.Sc

Dosen Penguji 3 : Ir. Ananda Insan Firdausy, ST., MT., M.Sc

Tanggal Ujian : 7 Juni 2021

SK Penguji : 853 / UN 10. F07 / KP / 2021

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran sebagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 18 Juni 2021



Qisthina Tamimi Nurfidiani Putri

NIM. 175060100111012









**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM SARJANA**



## SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 010/JUN10.F07.11.11/PP/2021

Sertifikat ini diberikan kepada :

**QISTHINA TAMIMI NURFIDIANI PUTRI**

Dengan Judul Skripsi :

**ANALISIS PEMODELAN PERILAKU BEBAN DAN PERPINDAHAN  
PADA PORTAL DENGAN BRACING TIPE DIAGONAL EKSENTRIS DUA ARAH**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi  $\leq 20\%$ , dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 21 Juni 2021



Jurusan Teknik Sipil

Alwafi Pujihahario, ST, MT  
NIP. 19700829 200012 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

Dr. Eng. Indradi Yiatmiko, ST, M.Eng. [Prac]  
NIP. 19810220 200604 1 002



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah atas segala rahmat dan karunia Allah SWT, proses penyelesaian penulisan skripsi yang berjudul '**Analisis Pemodelan Perilaku Beban dan Perpindahan Pada Portal dengan Bracing Tipe Diagonal Eksentris Dua Arah**' dapat teratasi dengan baik dan lancar.

Penulisan skripsi ini diajukan guna memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya, sekaligus sebagai bukti otentik sumbangsih ilmu pengetahuan yang dilakukan oleh penulis. Penyelesaian penulisan proposal ini bukan hanya karena kerja keras penulis, tetapi juga tidak lepas dari peran berbagai pihak yang telah membimbing, membantu serta mendukung terselesainya skripsi ini. Untuk itu, dengan penuh sukacita penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Alwafi Pujiraharjo, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
2. Ibu Dr. Eng. Ir. Eva Arifi, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Indradi Wijatmiko., ST., MT., M.Eng. (pract), Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
4. Ibu Dr. Eng. Lilya Susanti, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, memberi masukan, dan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis
5. Bapak Ir. Indra Waluyohadi, ST., MT., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberi masukan, dan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis
6. Bapak Dr. Eng. Ir. Ming Narto W., ST., MT., M.Sc., Selaku dosen yang telah membimbing, memberi masukan dan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis
7. Bapak Ir. Ananda Insan Firdausy, ST., MT., M.Sc., selaku Dosen Penasihat Akademik

8. Bapak Hayedi Hasan, Ibu Rr. Fitri Nurhadiyani, Gilang Pratama Putra, dan Ghita Larasati Putri, selaku keluarga penulis yang tidak pernah berhenti mendoakan, memberi nasihat, dan memotivasi penulis
9. Nabila, Armanda W., Dicky H., selaku teman seperjuangan selama pengerjaan skripsi
10. Raissa Sabrina S., Sagung I. Pramitari, dan M. Rif'at Azami, selaku teman yang turut membantu penyusunan skripsi
11. Dini Kamil, Dias Sanjaya, Febbi Ayu, Luhleta M., Yustisya M., Fany A, Yudha P, Ivy S., Khansa A., Daffa Z. dan Seluruh Mahasiswa Teknik Sipil Angkatan 2017 selaku teman seperjuangan selama 4 tahun masa perantauan
12. Tim AQAWIJAYA, yaitu Afifah Mauludiah dan Abid Febrian yang selalu menemani penulis dalam mengembangkan minat kompetisi
13. Seluruh KBMS dan pihak-pihak lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan moril dan tenaga sehingga skripsi ini dapat berjalan dengan lancar

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesalahan dan jauh dari sempurna. Oleh sebab itu, penulis sangat terbuka dan berharap atas saran dan kritik yang membangun untuk penelitian lanjutan di masa datang. Akhir kata, semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi pembaca khususnya dalam pengembangan ilmu pengetahuan seputar ketekniksipilan.

Malang, Juni 2021

Penyusun,

Qisthina Tamimi Nurfidiani Putri

DAFTAR ISI

**KATA PENGANTAR** ..... i

**DAFTAR ISI** ..... iii

**DAFTAR TABEL**..... vii

**DAFTAR GAMBAR** ..... ix

**DAFTAR LAMPIRAN** ..... xiii

**RINGKASAN**..... xv

**SUMMARY**..... xvii

**BAB I PENDAHULUAN** ..... 1

**1.1 Latar Belakang**..... 1

**1.2 Identifikasi Masalah** ..... 2

**1.3 Rumusan Masalah** ..... 3

**1.4 Batasan Masalah**..... 3

**1.5 Tujuan Penelitian**..... 3

**1.6 Manfaat Penelitian**..... 4

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA** ..... 5

**2.1 Baja** ..... 5

**2.1.1 Sifat dan Perilaku Material Baja** ..... 6

**2.1.2 Keunggulan Mateial Baja** ..... 7

**2.2 *Engineering Stress-Strain dan True Stress-Strain***..... 8

**2.3 Portal Baja Penahan Gempa** ..... 9

**2.3.1 *Moment Resisting Frames (MRF)***..... 9

**2.3.2 *Centrically Braced Frame (CBF)*** ..... 10

**2.3.3 *Eccentrically Braced Frame (EBF)*** ..... 11

**2.4 Daktilitas**..... 13

**2.5 Beban Statis** ..... 14

**2.6 Analisa *Pushover*** ..... 14

2.6.1	<i>Displacement Control</i> .....	14
2.6.2	<i>Load Control</i> .....	14
2.7	<b>Deformasi</b> .....	14
2.7.1	<b>Deformasi Geser</b> .....	15
2.7.2	<b>Deformasi Aksial</b> .....	15
2.7.3	<b>Deformasi Lentur</b> .....	16
2.8	<b>Kriteria Kelelahan Von Mises</b> .....	16
2.9	<i>Software ABAQUS</i> .....	17
2.10	<b>Penelitian Terdahulu</b> .....	18
2.11	<b>Hipotesis Penelitian</b> .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....		21
3.1	<b>Rancangan Penelitian</b> .....	21
3.2	<b>Waktu Penelitian</b> .....	21
3.3	<b>Metode Pengumpulan Data</b> .....	21
3.4	<b>Variabel Penelitian</b> .....	21
3.4.1	<b>Variabel Bebas (<i>Independent</i>)</b> .....	21
3.4.2	<b>Variabel Kontrol</b> .....	22
3.4.3	<b>Variabel Terikat (<i>Dependent</i>)</b> .....	22
3.5	<b>Pemodelan</b> .....	22
3.5.1	<b>Ilustrasi Pemodelan</b> .....	22
3.5.2	<b>Data Teknis</b> .....	23
3.5.3	<b>Spesifikasi Material</b> .....	24
3.5.4	<b><i>True Stress</i> dan <i>True Strain</i></b> .....	24
3.6	<b>Tahapan Penelitian</b> .....	25
3.6.1	<b>Pemodelan Benda Uji dengan <i>Software ABAQUS</i></b> .....	25
3.6.2	<b>Pembebanan Benda Uji</b> .....	31
3.6.3	<b>Penetapan <i>Output</i> pada <i>Software ABAQUS</i></b> .....	34

3.6.4	Proses Analisis dengan <i>Software</i> ABAQUS.....	35
3.6.5	Pengolahan Data Hasil Analisis dan Penarikan Kesimpulan.....	35
3.7	Diagram Alir Penelitian .....	37
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>39</b>
4.1	Material dan Profil Struktur .....	39
4.1.1	Satuan yang Digunakan pada ABAQUS.....	39
4.1.2	Material .....	40
4.1.3	Dimensi Profil .....	41
4.2	Pembebanan .....	42
4.3	Pemilihan <i>Output</i> Analisis Struktur Menggunakan ABAQUS.....	43
4.4	Hasil Analisis Portal dengan <i>Bracing</i> Diagonal Konsentris dan Eksentris Dua Arah 44	
4.4.1	Portal dengan <i>Bracing</i> Konsentris.....	44
4.4.2	Portal dengan <i>Bracing</i> Eksentris 60 cm .....	49
4.4.3	Portal dengan <i>Bracing</i> Eksentris 120 cm .....	54
4.5	Perbandingan <i>Meshing</i> 4 dan <i>Meshing</i> 25 pada Tiap Pemodelan Portal.....	59
4.6	Perbandingan Hasil Analisis Portal dengan <i>Bracing</i> Konsentris, Eksentris 60 cm, dan Eksentris 120 cm .....	63
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>65</b>
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>67</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>69</b>





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Penelitian Terdahulu.....	18
Tabel 3. 1 Dimensi Portal Baja dengan Bracing Diagonal.....	23
Tabel 3. 2 Variasi Jarak Eksentrisitas Bracing.....	23
Tabel 3. 3.....	25
Tabel 4. 1 Sistem Satuan yang Digunakan dalam Analisis.....	39
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan True Stress dan True Strain.....	41
Tabel 4. 3 Detail Dimensi Profil.....	41
Tabel 4. 4 Rincian Data Hasil Analisis Meshing dengan Jumlah 4 dan 25 pada Tiap Model.....	60





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1 Contoh Pengaplikasian Material Baja ..... 5

Gambar 2. 2 Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Baja ..... 6

Gambar 2. 3 Bagian Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Baja yang diperbesar ..... 6

Gambar 2. 4 Kurva Engineering Stress-Strain vs Kurva True Stress-Strain ..... 8

Gambar 2. 5 Contoh Sistem Portal tanpa Bracing ..... 10

Gambar 2. 6 Contoh Sistem Portal dengan Bracing Konsentris ..... 11

Gambar 2. 7 Contoh Sistem Portal dengan Bracing Eksentris ..... 12

Gambar 2. 8 Perbandingan Kurva Beban dan Perpindahan Material Getas dan Daktail .... 13

Gambar 2. 9 Bentuk Deformasi Geser ..... 15

Gambar 2. 10 Bentuk Deformasi Aksial ..... 16

Gambar 2. 11 Bentuk Deformasi Lentur Momen Positif dan Momen Negatif ..... 16

Gambar 3. 1 Ilustrasi Pemodelan Portal Bracing Eksentris ..... 22

Gambar 3. 2 Grafik Hubungan Engineering Stress-Strain ..... 24

Gambar 3. 3 Pembuatan Part ..... 25

Gambar 3. 4 Hasil Pemodelan Part ..... 26

Gambar 3. 5 Input data material ..... 26

Gambar 3. 6 Input Data Profil ..... 27

Gambar 3. 7 Pengaturan Section ..... 27

Gambar 3. 8 Penentuan Material dan Penampang tiap Komponen ..... 28

Gambar 3. 9 Pembuatan Boundary Condition ..... 28

Gambar 3. 10 Input Tumpuan Jepit-jepit ..... 29

Gambar 3. 11 Tumpuan Jepit-jepit ..... 29

Gambar 3. 12 Create Instances ..... 30

Gambar 3. 13 Pembuatan Meshing ..... 30

Gambar 3. 14 Penomoran node meshing ..... 31

Gambar 3. 15 Pembebanan Benda Uji ..... 31

Gambar 3. 16 Create Sets ..... 32

Gambar 3. 17 Create Steps ..... 32

Gambar 3. 18 Pengaturan Steps ..... 33

Gambar 3. 19 Input *Beban* ..... 33

Gambar 3. 20 Pembuatan Field Output ..... 34

Gambar 3. 21 Pembuatan History Output .....	34
Gambar 3. 22 Memulai Analisis Pemodelan.....	35
Gambar 3. 23 Proses Pemunculan Data Hasil Analisis.....	35
Gambar 3. 24 Output Analisis.....	36
Gambar 3. 25 Export Data ke Excel.....	36
Gambar 4.1 Sistem Satuan dalam ABAQUS .....	39
Gambar 4. 2 Pengambilan Titik Engineering Stress-strain.....	40
Gambar 4. 3 Pemilihan Komponen Portal .....	42
Gambar 4. 4 Ilustrasi Penempatan Beban pada Setiap Model Portal.....	43
Gambar 4.5 Ilustrasi Pemilihan Node Variabel Output .....	44
Gambar 4. 6 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kanan Bracing Konsentris (Meshing 4) .....	45
Gambar 4. 7 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kiri Bracing Konsentris (Meshing 4) .....	45
Gambar 4. 8 Grafik Beban Total dan Perpindahan Bracing Konsentris (Meshing 4) .....	46
Gambar 4. 9 Output Perpindahan pada Portal Bracing Konsentris (Meshing 4) .....	46
Gambar 4. 10 Output Beban pada Portal Bracing Konsentris (Meshing 4).....	47
Gambar 4. 11 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kanan Bracing Konsentris (Meshing 25) .....	47
Gambar 4. 12 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kiri Bracing Konsentris (Meshing 25) .....	48
Gambar 4. 13 Grafik Beban dan Perpindahan Bracing Konsentris (Meshing 25).....	48
Gambar 4. 14 Output Perpindahan pada Portal Bracing Konsentris (Meshing 25) .....	49
Gambar 4. 15 Output Beban pada Portal Bracing Konsentris (Meshing 25).....	49
Gambar 4. 16 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kanan Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 4).....	50
Gambar 4. 17 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kiri Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 4).....	50
Gambar 4. 18 Grafik Beban dan Perpindahan Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 4) .....	51
Gambar 4. 19 Output Perpindahan pada Portal Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 4).....	51
Gambar 4. 20 Output Beban pada Portal Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 4) .....	52
Gambar 4. 21 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kanan Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 25).....	52
Gambar 4. 22 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kiri Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 25).....	53

Gambar 4. 23 Grafik Beban dan Perpindahan Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 25).....	53
Gambar 4. 24 Output Perpindahan pada Portal Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 25) ....	54
Gambar 4. 25 Output Beban pada Portal Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 25).....	54
Gambar 4. 26 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kanan Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 4) .....	55
Gambar 4.27 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kiri Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 4).....	55
Gambar 4. 28 Grafik Beban dan Perpindahan Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 4).....	56
Gambar 4. 29 Output Perpindahan pada Portal Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 4)....	56
Gambar 4. 30 Output Beban pada Portal Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 4).....	57
Gambar 4. 31 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kanan Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 25) .....	57
Gambar 4. 32 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kiri Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 25).....	58
Gambar 4. 33 Grafik Beban dan Perpindahan Eksentris 120 cm (Meshing 25) .....	58
Gambar 4. 34 Output Perpindahan pada Portal Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 25) ..	59
Gambar 4. 35 Output Beban pada Portal Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 25).....	59
Gambar 4. 36 Perbandingan Hasil Meshing 4 dan Meshing 25 pada Portal Konsentris.....	60
Gambar 4. 37 Perbandingan Hasil Meshing 4 dan Meshing 25 pada Portal Eksentris 60 cm .....	61
Gambar 4. 38 Perbandingan Hasil Meshing 4 dan Meshing 25 pada Portal Eksentris 120 cm .....	61
Gambar 4. 39 Perbandingan Ilustrasi Perpindahan Portal Konsentris.....	62
Gambar 4. 40 Perbandingan Ilustrasi Perpindahan Portal Eksentris 60 cm .....	62
Gambar 4. 41 Perbandingan Ilustrasi Perpindahan Portal Eksentris 120 cm .....	62
Gambar 4. 42 Perbandingan Beban dan Perpindahan pada Portal Konsentris, Eksentris 60 cm dan Eksentris 120 cm (Meshing 4).....	63



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data Hasil analisis Beban dan Perpindahan pada Portal dengan Bracing Konsentris ..... 69

**Lampiran 2.** Data Hasil analisis Beban dan Perpindahan pada Portal dengan Bracing Eksentris 60 cm ..... 76

**Lampiran 3.** Data Hasil analisis Beban dan Perpindahan pada Portal dengan Bracing Eksentris 120 cm ..... 83

**Lampiran 4.** Perbandingan Reaksi Tumpuan dan Perpindahan Portal dengan Bracing Konsentris, Eksentris 60 cm dan Eksentris 120 cm pada meshing 4 ..... 92







(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## RINGKASAN

**Qisthina Tamimi Nurfidiani Putri**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2021, *Analisis Pemodelan Perilaku Beban dan Perpindahan pada Portal dengan Bracing Eksentris Tipe Diagonal Eksentris Dua Arah*, Dosen pembimbing: Lilya Susanti dan Indra Waluyohadi.

Indonesia merupakan salah satu negara yang kerap kali dilanda bencana alam seperti gempa bumi. Gempa bumi dengan kekuatan besar dapat menimbulkan kerugian yang tentu meresahkan masyarakat Indonesia terlebih ketika gempa yang terjadi memakan korban jiwa. Runtuhnya suatu bangunan menjadi salah satu penyebab utama terjadinya kerugian-kerugian tersebut. Maka, perlu adanya inovasi untuk mengurangi kerugian bencana dengan tetap memprioritaskan desain yang efisien dan efektif dalam perancangannya. Portal dengan *bracing* baja merupakan inovasi yang dinilai baik untuk digunakan sebagai struktur bangunan tahan gempa. Elemen *bracing* memberikan penguatan dalam menahan gaya lateral yang ditimbulkan dari gaya gempa. Elemen tersebut umum diletakkan secara konsentris. Namun, perletakan tersebut seringkali menyulitkan dalam perencanaan penempatan elemen non struktural. Sehingga untuk mengurangi permasalahan tersebut, penelitian ini menganalisis pengaruh eksentrisitas *bracing* khususnya terhadap beban dan perpindahan pada portal dengan *bracing* diagonal eksentris dua arah.

Pada penelitian ini, struktur dimodelkan sebagai portal dua dimensi. Portal menggunakan material baja dengan mutu BJ-37 dan menggunakan profil baja WF. Benda uji yang dianalisis berjumlah 6 dimana terdapat 3 bentuk geometri portal yaitu portal konsentris, eksentris 60 cm dan eksentris 120 cm, dengan masing-masing bentuk geometri dimodelkan dengan 2 variasi *meshing* yaitu berjumlah 4 (*meshing* sedikit) dan 25 (*meshing* banyak). Beban gempa dimodelkan dengan beban lateral pada *node* kiri atas tiap portal dengan besar 69,34 ton. Analisis beban dan perpindahan dilakukan dengan menggunakan *software* ABAQUS.

Hasil analisis struktur yang dilakukan menunjukkan bahwa jarak eksentrisitas berpengaruh terhadap beban dan perpindahan. Semakin besar jarak eksentrisitas, beban yang dapat diterima semakin kecil dan sebaliknya, perpindahan yang dialami justru semakin besar. Perpindahan terbesar terjadi pada portal dengan *bracing* eksentris 120 cm dengan nilai perpindahan sebesar 1,138 m. Kemudian nilai perpindahan terkecil terjadi pada portal dengan *bracing* eksentris 60 cm dengan nilai perpindahan sebesar 0,419 m. Dan untuk nilai perpindahan pada portal dengan *bracing* konsentris adalah sebesar 0,497 m. Selanjutnya, nilai beban total (RF Total) terkecil dihasilkan pada portal dengan *bracing* eksentris 120 cm dengan nilai sebesar 34,505 ton. Kemudian RF total untuk portal dengan *bracing* eksentris 60 cm sebesar 46,678 ton. Dan yang terakhir untuk nilai RF total terbesar dihasilkan pada portal dengan *bracing* konsentris dengan nilai sebesar 69,34 ton.

**Kata Kunci:** ABAQUS, Beban, *Bracing* diagonal, *Bracing* eksentris dua arah, Perpindahan



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## SUMMARY

**Qisthina Tamimi Nurfidiani Putri**, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, May 2021, Modeling Analysis of Load-displacement Behavior on Two-way Diagonal Eccentric Braced Frame, Academic Supervisor: Lilya Susanti and Indra Waluyohadi.

Indonesia is one of many countries where natural disasters, such as earthquakes, often occur. A large force earthquake might cause losses, severe damages, or even casualties that could bring insecurities to the people. Building collapse is one of the main causes of these losses. So, in order to mitigate the negative impact of an earthquake, structural innovation is needed. Steel-brace frame is considered a good innovation for an earthquake-resistance structure. The bracing element provides reinforcement to withstand the lateral force generated by the earthquake. Though the concentrically braced frame is commonly used for the structure, the position of the bracing often gives difficulty in planning and implementing the placement of non-structural elements. Therefore, to overcome these problems, this experimental study analyzes the effect of bracing eccentricity on the load and displacement behavior of a diagonal-type two-way eccentric braced frame.

In this experimental study, the structure is designed as two dimensions frame. The frame uses a WF steel profile with BJ-37 grade material. There were 6 test objects that have been analyzed which consist of 3 geometrical forms, known as a concentric frame (CBF), 60 cm-eccentric (EBF-60), and 120 cm-eccentric (EBF-120). Each geometric model is designed with 2 meshing number variations, which are 4 and 25. The earthquake forces are modeled by lateral forces on the upper left node on each frame with an amount of 69,34 tons. The load and displacement analyses were performed using ABAQUS software.

The results state that eccentricity affects load and displacement behavior. The bigger eccentricity shows a greater displacement and a smaller amount of force capacity compared to the smaller eccentricity. The greatest displacement, 1,138 m, occurred in EBF-120, while the displacement of CBF and EBF-60 are 0,497 m and 0,419 m. In addition, the largest amount of force capacity, 69.34 tons, is shown in CBF, while EBF-60 and EBF-120 are 46,678 tons and 34,505 tons.

**Keywords:** ABAQUS, Displacements, Diagonal bracing, Loads, Two-way eccentrically bracing



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Negara di seluruh dunia tentu memiliki kemungkinan untuk terjadinya bencana alam. Namun, yang menjadi sorotan adalah seberapa sering suatu negara mengalami hal tersebut.

Dibalik keindahan alam dan kekayaan sumber daya alam yang dimiliki, Indonesia merupakan salah satu negara yang kerap kali dilanda bencana alam seperti gempa bumi.

Menurut Tanjung, Mulyadi, Arifudin, dan Rusmana (2020), hal ini disebabkan karena Indonesia menjadi titik temu antara tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Indo-Australia, Samudera, dan Eurasia.

Gempa bumi dengan kekuatan yang besar dapat menimbulkan kerugian. Kerugian yang ditimbulkan tentu meresahkan masyarakat Indonesia terlebih ketika gempa yang terjadi memakan korban jiwa. Contohnya adalah pada kejadian tanggal 26 September 2019 lalu.

Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), gempa yang berpusat di Kecamatan Haruku, Kabupaten Maluku Tengah ini menyebabkan rusaknya 421 fasilitas umum, 9006 rumah tinggal, 1150 korban terluka dan 18 korban meninggal dunia. Gempa yang berlangsung di Maluku tersebut hanya satu dari sekian banyak gempa bumi berkekuatan besar yang telah terjadi di Indonesia. Kerugian yang ditimbulkan juga hanya beberapa persen dari total kerugian yang terjadi. Dampak tersebut tidak serta-merta diakibatkan oleh bencana gempa bumi, namun juga akibat dari runtuhnya struktur bangunan yang tidak kuat dalam menahan beban gempa. Hal ini menjadi salah satu penyebab utama jatuhnya korban jiwa. Maka dari itu, inovasi diperlukan untuk mengurangi kerugian bencana dengan tetap memprioritaskan desain yang efisien dan efektif dalam perancangannya.

Sampai saat ini sudah banyak inovasi yang dilakukan demi mewujudkan bangunan tahan gempa. Salah satunya adalah dengan menggunakan pengaku baja pada struktur bangunan (*Steel Braced Frame*). Pada daerah yang rentan terhadap gempa, baja menjadi salah satu material pilihan yang paling sering digunakan karena baja mempunyai daktilitas dan kekuatan yang tinggi. Hal ini diperkuat dengan fakta yang terjadi di Jepang. Sejak gempa pada tahun 1923, mayoritas struktur bangunan di Jepang menggunakan material baja (Victor

& Federico, 2014). Dengan keunggulan sebagaimana disebutkan, penggunaan baja sebagai material *bracing* pada struktur bangunan dapat memberikan perkembangan positif dalam dunia konstruksi bangunan tahan gempa.

*Bracing* atau pengaku merupakan elemen tambahan pada struktur portal yang diposisikan secara diagonal. Elemen ini memberikan perkuatan dalam hal menahan gaya lateral yang ditimbulkan dari gaya gempa. Penggunaan *bracing* pada portal merupakan pengembangan dari sistem portal penahan momen atau *moment resisting frame* (MRF). Terdapat dua jenis konfigurasi rangka *bracing* yang sering digunakan pada struktur bangunan yaitu *Concentrically Braced Frames* (CBF) dan *Eccentrically Braced Frame* (EBF). EBF dinilai lebih unggul dibandingkan dengan CBF karena elemen *link* yang terdapat pada EBF dapat bekerja sebagai penyerap energi gempa. Selain itu, karena CBF memiliki kelemahan pada fungsi arsitektural. Letak diagonal CBF seringkali menyulitkan dalam perencanaan penempatan elemen non struktural seperti pintu, jendela, dan sebagainya. Sehingga, EBF diharapkan dapat menjadi pengganti struktur CBF.

Pada penelitian ini penulis menganalisis portal satu lantai dengan *bracing* diagonal eksentris dua arah. Analisis dilakukan dengan memberikan beban lateral statis secara berangsur-angsur sampai portal mengalami kehancuran menggunakan perangkat lunak ABAQUS. Penelitian ini dilakukan untuk melihat perbandingan perilaku beban dan perpindahan akibat variasi besar eksentrisitas pada portal dengan *bracing*. Maka dari itu, penulis memberi judul “Analisis Pemodelan Perilaku Beban dan Perpindahan pada Portal dengan *Bracing* Tipe Diagonal Eksentris Dua Arah” untuk tugas akhir yang penulis susun.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Meninjau uraian yang dikemukakan pada latar belakang, penulis mengidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

- Dibutuhkannya inovasi pada struktur bangunan karena runtuhnya struktur diduga menjadi faktor utama dari timbulnya kerugian fatal seperti korban jiwa.
- Penambahan elemen *bracing* pada portal CBF ditujukan untuk memberi perkuatan dalam menahan gaya lateral. Namun, portal CBF masih memiliki resiko terjadinya tekuk pada *bracing* dan memiliki kelemahan pada fungsi arsitektural dimana posisi *bracing* dinilai menyulitkan pada saat pengaplikasian.
- Dengan memberi jarak eksentrisitas pada *bracing*, diharapkan dapat mengatasi kelemahan pada sistem portal Konsentris. Namun, penelitian lebih lanjut masih

diperlukan untuk mengetahui pengaruh jarak eksentrisitas *bracing* terhadap perilaku portal.

Penelitian ini difokuskan untuk mengidentifikasi perbandingan perilaku beban dan perpindahan pada portal baja dengan *bracing* eksentris tipe diagonal dua arah. Variasi pada penelitian ini terdapat pada jarak eksentrisitas *bracing* diagonal.

### 1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh besar eksentrisitas pada portal dengan *bracing* tipe diagonal eksentris dua arah terhadap perpindahan struktur?
2. Bagaimana pengaruh besar eksentrisitas pada portal dengan *bracing* tipe diagonal eksentris dua arah terhadap kapasitas beban struktur?

### 1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menggunakan profil baja dengan mutu BJ 37
2. Profil yang digunakan pada portal ini mengacu kepada tabel profil konstruksi baja I. Morisco dengan tipe dan dimensi sebagai berikut:
  - Kolom : WF 300.200.8.12
  - Balok : WF 200.150.6.9
  - *Bracing* : WF 100.100.6.8
3. Variasi jarak eksentrisitas pada penelitian ini adalah 60 cm (*Link Pendek*) dan 120 cm (*Link Panjang*).
4. Pembebanan pada penelitian ini menggunakan pembebanan lateral statis
5. Pemodelan struktur pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak ABAQUS.
6. Pemodelan merupakan portal 2D. Seluruh komponen dipilih sebagai *beam*
7. Variasi jumlah *Meshing* pada penelitian ini adalah 4 (*meshing* sedikit) dan 25 (*meshing* banyak) dengan setiap elemen memiliki 2 node (tipe *beam*)

### 1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh besar eksentrisitas dua arah pada *bracing* tipe diagonal akibat beban lateral statis pada struktur terhadap perpindahan struktur
2. Mengetahui pengaruh besar eksentrisitas dua arah pada *bracing* tipe diagonal akibat beban lateral statis pada struktur terhadap kapasitas beban struktur



## 1.6 Manfaat Penelitian

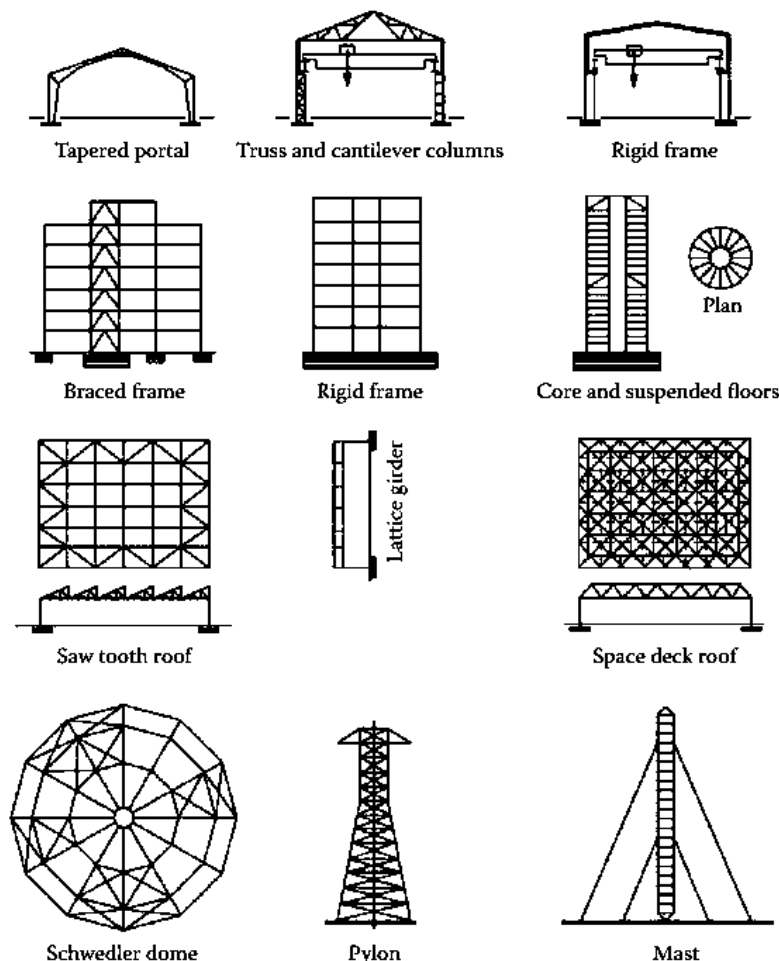
Penulis melakukan penelitian ini dengan harapan untuk mendapatkan perbandingan antara perilaku akibat beban statis terhadap perpindahan pada portal dengan *bracing* tipe diagonal eksentris dua arah dan portal dengan *bracing* tipe diagonal konsentris guna menemukan alternatif model struktur untuk bangunan tahan gempa. Selain itu, untuk menambah pengetahuan penulis maupun pembaca mengenai pengaruh jarak eksentrisitas pada *bracing* tipe diagonal terhadap perpindahan struktur penulis serta agar penelitian ini bisa menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Baja

Material baja merupakan salah satu material pilihan yang sering digunakan pada wilayah yang rentan terhadap gempa. Material ini terbentuk dari besi yang dicampurkan dengan unsur karbon. Persentase unsur karbon pada baja dapat mempengaruhi sifat yang dimiliki material. Semakin tinggi persentase unsur tersebut, tingkat daktilitas yang dimiliki material akan menurun namun tegangan leleh material akan bertambah. Sebagai contoh, material ini dapat diaplikasikan pada struktur-struktur seperti pada *Gambar 2.1*.

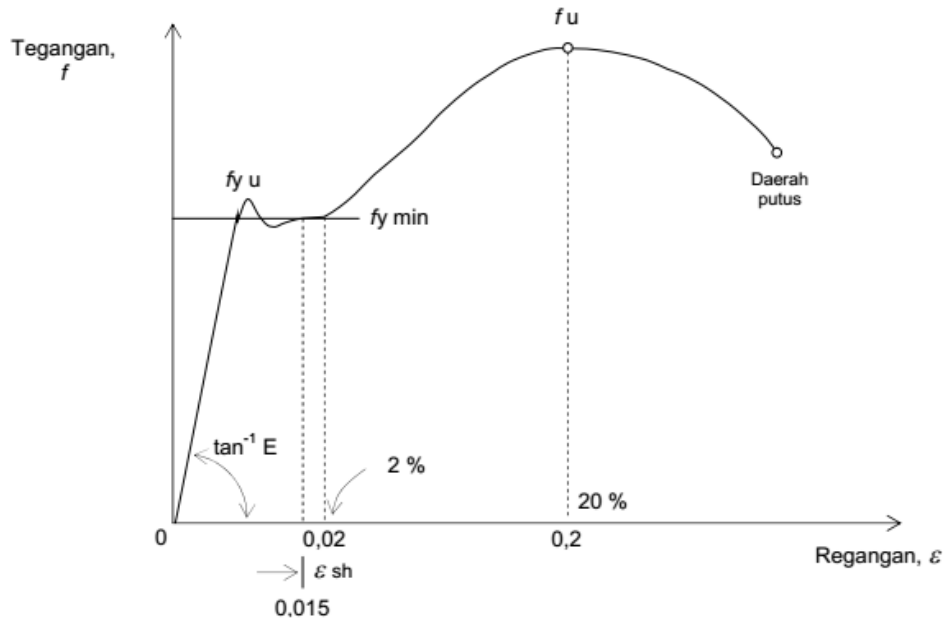


*Gambar 2.1* Contoh Pengaplikasian Material Baja

Sumber: Nageim, 2017

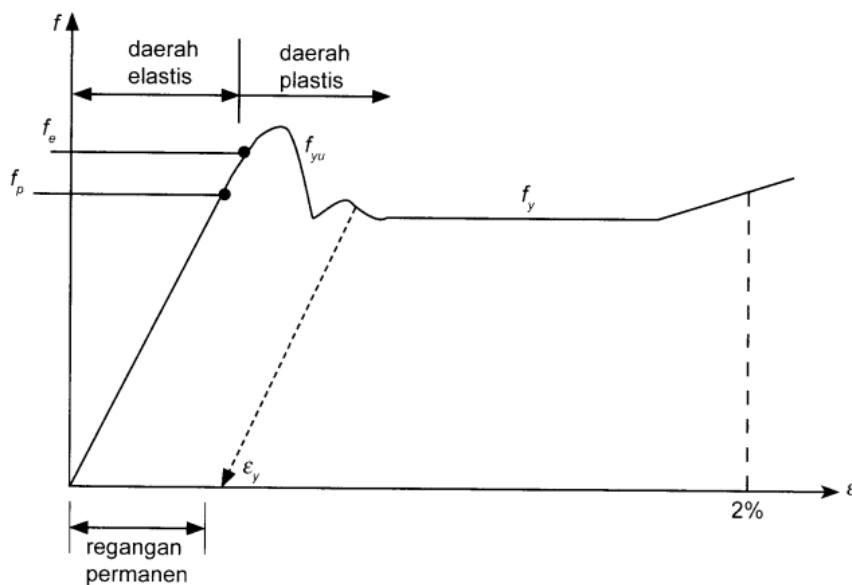
### 2.1.1 Sifat dan Perilaku Material Baja

Terkait dengan perilaku baja, yang juga harus dipahami adalah sifat mekanik dari baja. Sifat dan perilaku ini dapat diketahui dengan melihat diagram tegangan dan regangan yang dihasilkan dari uji tarik material baja (Setiawan, 2013). *Gambar 2.2* dan *Gambar 2.3* berikut merupakan hasil dari uji tarik yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya.



*Gambar 2. 2* Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Baja

Sumber: Setiawan, 2013



*Gambar 2. 3* Bagian Kurva Hubungan Tegangan-Regangan Baja yang diperbesar

Sumber: Setiawan, 2013

Dari kurva tegangan-regangan, sifat dan perilaku material baja dibagi menjadi 4 zona, yaitu:

1. Zona Linear, dimulai dari titik 0 hingga titik  $f_p$  (batas proporsional). Kemiringan zona ini disebut sebagai *Modulus Young* atau Modulus Elastisitas ( $E$ ). Zona ini juga termasuk ke dalam zona elastis
2. Zona Elastis (daerah elastisitas), diawali di titik 0 dan berakhir di titik  $f_e$  (batas elastis). Disebut zona elastis karena ketika beban ditiadakan atau dihilangkan, material ini akan kembali ke wujud awalnya
3. Zona Plastis (daerah plastisitas), berada di antara regangan 2% hingga 1,2-1,5%. Pada zona ini, tegangan yang terjadi konstan sebesar  $f_y$  (tegangan leleh). Zona ini menunjukkan tingkat daktilitas suatu material. Disebut zona plastis atau inelastis karena ketika beban ditiadakan atau dihilangkan, material ini sudah tidak bisa kembali ke wujud awalnya
4. Zona Penguatan regangan (*strain-hardening*). Berada di antara  $\epsilon_{sh}$  (saat regangan lebih besar 15-20 kali regangan elastis maksimum) dan  $\epsilon_u$  (regangan saat keruntuhan atau saat tegangan putus). Pada zona ini, regangan terus bertambah hingga tercapainya tegangan putus

Selain sifat-sifat yang ditunjukkan dari diagram tegangan regangan diatas, sifat-sifat lain berdasarkan SNI 03-1729-2002 adalah sebagai berikut:

*Modulus Young* :  $E = 200.000 \text{ MPa}$

*Poisson Ration* :  $\mu = 0,3$

Massa Jenis :  $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$

### 2.1.2 Keunggulan Mateial Baja

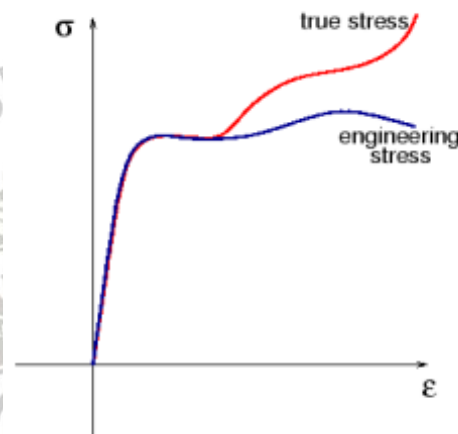
Menurut Setiawan (2013), material baja memiliki beberapa keunggulan yaitu sebagai berikut:

1. Kekuatan material tinggi. Karena hal tersebut, ukuran struktur dapat berkurang sehingga berat struktur juga berkurang.
2. Tingkat keseragaman tinggi dan material ini dinilai awet apabila perawatan yang dilakukan sesuai dengan ketentuan
3. Bersifat elastis dan dapat memudahkan proses analisis karena momen inersia profil dapat dihitung dengan tepat

4. Daktilitas material tinggi
5. Proses fabrikasi lebih mudah karena material gampang dibentuk saat proses gilasan panas
6. Mudah dalam penyambungan sehingga mengurangi waktu konstruksi yang dibutuhkan.

## 2.2 Engineering Stress-Strain dan True Stress-Strain

Kurva engineering stress dan engineering strain ditunjukkan pada Gambar 2.2. Kurva tersebut didapatkan dengan menghitung rumus tegangan dan regangan menggunakan nilai panjang dan luas pada kondisi sebelum terkena beban. Namun, perlu diperhatikan bahwa panjang dan luas suatu material akan bertambah atau berkurang selama proses pengujian berlangsung. Maka dari itu, dengan menggunakan nilai panjang dan luas yang sebenarnya terjadi akan menunjukkan perilaku tegangan dan regangan yang lebih akurat.



Gambar 2. 4 Kurva Engineering Stress-Strain vs Kurva True Stress-Strain

Sumber: Faridmehr et. al., 2014

*True stress* merupakan perbandingan antara beban yang diberikan terhadap luas yang sebenarnya terjadi dan *true strain* merupakan nilai perbandingan antaran pertambahan dan panjang yang sebenarnya terjadi. Pada Gambar 2.4, diketahui bahwa kurva *true stress-strain* terus mengalami kenaikan regangan sedangkan kurva *engineering stress-strain* mengalami penurunan setelah tercapainya tegangan *ultimate*. Hubungan antara *engineering stress* dan *engineering strain* dengan *true stress* dan *true strain* ditunjukkan pada persamaan berikut (Bruneau, Uang & Sabelli, 2011):

$$\sigma_{True} = (1 + \epsilon_{Engineering})\sigma_{Engineering} \quad (2-1)$$

$$\epsilon_{True} = \ln(1 + \epsilon_{Engineering}) \quad (2-2)$$

## 2.3 Portal Baja Penahan Gempa

Dalam mendesain suatu bangunan yang tahan gempa, tujuan yang paling penting adalah memperkuat struktur agar tidak membahayakan nyawa manusia terutama untuk bangunan tertentu seperti rumah sakit, bangunan pembangkit listrik, dan sebagainya. Bangunan tersebut harus direncanakan agar tetap dapat beroperasi walaupun telah terjadi gempa bumi. Pada sebuah bangunan terdapat struktur utama yang disebut sebagai struktur portal. Struktur portal menjadi bagian penting karena merupakan gabungan antara elemen balok dan elemen kolom yang berfungsi sebagai penahan beban.

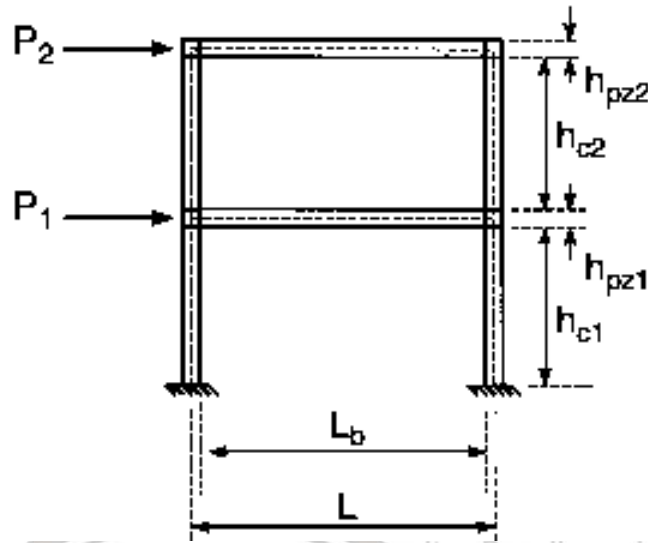
Terdapat beberapa beban yang bekerja pada struktur portal diantaranya beban gravitasi, beban angin sampai dengan beban gempa. Beban-beban tersebut dapat menyebabkan keruntuhan pada portal. Untuk menunda terjadinya keruntuhan total, dalam perencanaan struktur portal penahan gempa perlu adanya perkiraan urutan kegagalan struktur. Elemen balok dirancang lebih lemah dan mengalami keruntuhan leleh lebih dulu dari elemen kolom atau sering disebut dengan prinsip *strong column-weak beam*. Selain hal tersebut, perilaku daktail pada struktur juga dapat menunda terjadinya keruntuhan, sehingga perilaku ini merupakan hal penting dalam mendesain bangunan tahan gempa.

### 2.3.1 *Moment Resisting Frames (MRF)*

*Moment Resisting Frame (MRF)* atau yang disebut sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem portal yang dapat menahan gaya lateral akibat sambungan yang kaku pada balok dan kolom (Taranath, 2017). Sambungan ini membuat struktur tidak berdeformasi lateral tanpa terjadinya lekukan pada balok dan kolom (Bruneau, Uang & Sabelli, 2011). Berdasarkan SNI 1726:2019, MRF ini terbagi menjadi tiga tipe yaitu:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Portal tanpa pengaku diagonal (*bracing*) ini bersifat daktail dan dapat meningkatkan fungsi arsitektural suatu bangunan. Namun disamping kelebihan tersebut, sistem portal ini masih beresiko mengalami simpangan lateral dengan sangat besar akibat dari rendahnya kekakuan struktur yang juga dapat menimbulkan kehancuran pada elemen non struktural. Sehingga, untuk mengurangi simpangan lateral atau deformasi yang terjadi pada struktur, dimensi elemen struktur yang digunakan menjadi sangat besar.



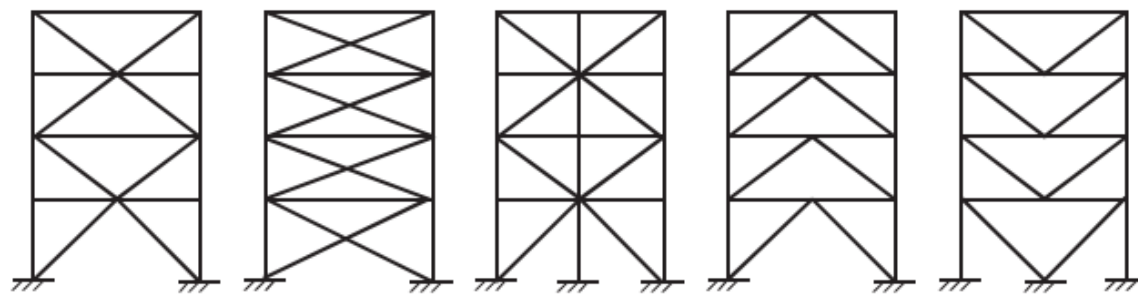
Gambar 2. 5 Contoh Sistem Portal tanpa Bracing

Sumber: Bruneau, Uang & Sabelli, 2011

### 2.3.2 Concentrically Braced Frame (CBF)

Ketika berbicara tentang stabilitas lateral, portal dengan *bracing* dapat dikatakan sebagai sistem yang paling efisien dalam penggunaan material. Hal ini dapat terjadi karena *bracing* membantu kerja balok dan kolom dalam menahan gaya lateral sehingga elemen balok dan kolom membutuhkan dimensi yang lebih kecil. Portal dengan pengaku ini terbagi menjadi 2 macam yaitu *Concentrically Braced Frame* (CBF) dan *Eccentrically Braced Frame* (EBF).

*Concentrically Braced Frame* (CBF) adalah struktur portal dengan *bracing* atau pengaku yang terletak secara diagonal pada setiap petak rangkanya. Sistem ini merupakan perkembangan dari *moment resisting frame* (MRF). Kelemahan MRF pada rendahnya kekakuan struktur, ditingkatkan pada sistem CBF ini dengan penambahan *bracing* sebagai elemen horizontal. Sistem ini dirancang untuk mengalami kelelahan pada *bracing* sebelum elemen balok dan kolom. Sehingga, struktur utama bangunan dapat bertahan lebih lama. (Bruneau, Uang & Sabelli, 2011). Namun, pada penelitian sebelumnya telah diketahui bahwa salah satu kelemahan CBF ini adalah saat terjadinya tekuk pada *bracing*, yang akan menyebabkan kapasitas disipasi energi berkurang. Selain kelemahan struktural, posisi *bracing* pada CBF ini dinilai mempersulit penempatan elemen non struktural seperti jendela dan sebagainya.



Gambar 2. 6 Contoh Sistem Portal dengan Bracing Konsentris

Sumber: Bruneau, Uang & Sabelli, 2011

### 2.3.3 Eccentrically Braced Frame (EBF)

*Eccentrically Braced Frame* (EBF) merupakan perkembangan dari *Moment Resisting Frame* (MRF) dan *Centrically Braced Frame* (CBF). Walaupun MRF dan CBF dinilai baik untuk bangunan penahan gempa, namun masih terdapat kekurangan pada masing-masing sistem. Disamping daktilitas MRF yang sangat tinggi, sistem ini memiliki kekakuan yang rendah sehingga simpangan yang terjadi sangat besar. Lain halnya dengan sistem CBF. Sistem ini memiliki kekakuan yang tinggi namun kemampuan energi disipasinya masih sangat rendah. Maka dari itu, EBF dirancang untuk memperbaiki kelemahan dari kedua sistem tersebut.

*Eccentrically Braced Frame* (EBF) adalah portal dengan *bracing* yang diposisikan secara diagonal dengan ujung *bracing* terletak pada balok dengan jarak tertentu sehingga membentuk suatu balok kecil yang dapat mengalami geser dan lentur. Balok kecil tersebut disebut dengan *link beam* atau pada Gambar 2.7 disimbolkan dengan  $e$ .

Elemen *link* merupakan keutamaan yang hanya dimiliki oleh Sistem EBF. *Link beam* berlaku sebagai elemen daktail dan mengalami fase inelastik lebih dulu dibanding elemen lainnya. Elemen lain seperti *bracing*, kolom, sambungan, dan balok selain balok *link* dirancang untuk tetap berada pada zona elastis. *Link beam* berdeformasi inelastik setelah melampaui titik elastis dan berperan sebagai penyerap energi gempa yang terjadi pada struktur. Sehingga, perencanaan *link beam* harus dilakukan dengan baik. Menurut Bruneau, Uang, dan Sabelli (2011), *link beam* terbagi menjadi tiga tipe. Pembagian ini dilakukan berdasarkan perbandingan antara momen plastis ( $M_p$ ) maksimum dan geser plastis maksimum ( $V_p$ ) yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (2-3) dan (2-4) (Rafael & Suswanto, 2018):



$$M_p = Z_x \times f_y \quad (2-3)$$

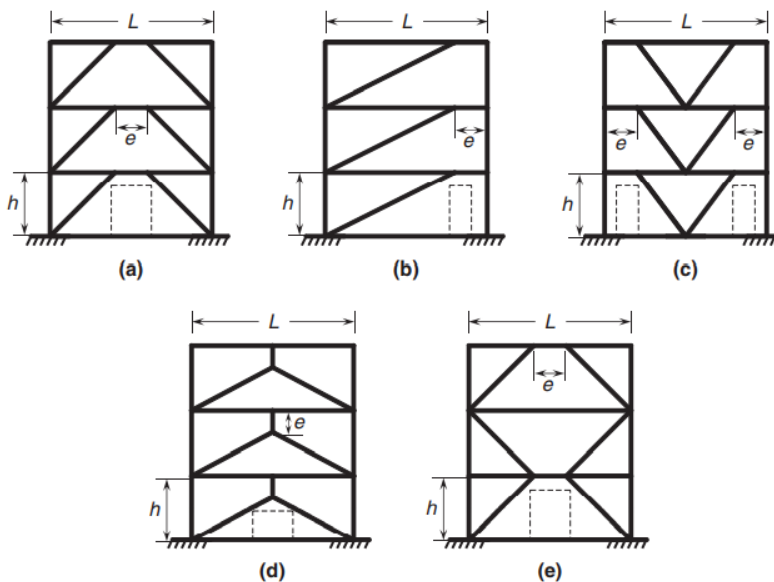
$$V_p = 0,6 f_y (d-2t_f) t_w \quad (2-4)$$

Dengan:

- $M_p$  adalah momen plastis
- $V_p$  adalah kapasitas geser plastis
- $Z_x$  adalah modulus plastis penampang
- $F_y$  adalah tegangan leleh material
- $t_f$  adalah tebal flens (tebal sayap profil)
- $t_w$  adalah tebal web (tebal badan profil)

Berdasarkan perbandingan kedua nilai tersebut, *link beam* dibagi menjadi:

1. *Link* Pendek atau *link* geser (mengalami pelelehan geser)  
 $e < 1,6 M_p/V_p$
2. *Link* Panjang atau *link* lentur (mengalami pelelehan lentur)  
 $e \geq 2,6 M_p/V_p$
3. *Link* sedang atau *link* geser dan lentur (mengalami pelelehan geser dan lentur)  
 $2,6 M_p/V_p > e > 1,6 M_p/V_p$



Gambar 2. 7 Contoh Sistem Portal dengan *Bracing* Eksentris

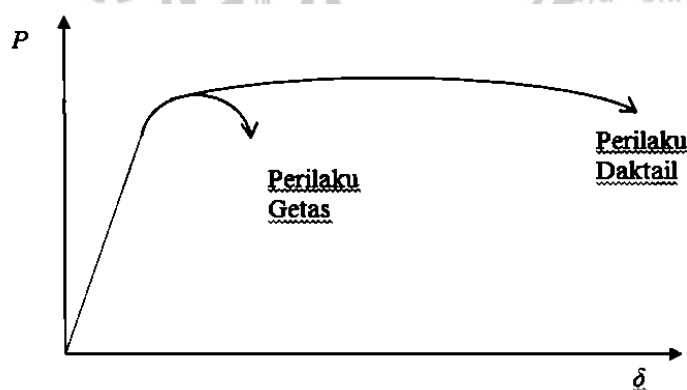
Sumber: Bruneau, Uang & Sabelli, 2011

## 2.4 Daktilitas

Getaran gempa dapat menimbulkan dampak negatif pada struktur bangunan. Apabila gaya yang terjadi sangat besar, akan menyebabkan besarnya perpindahan atau simpangan yang terjadi dan bahkan menyebabkan keruntuhan apabila struktur tidak bisa menahan gaya tersebut. maka dari itu, pemilihan material harus diperhatikan. Beberapa material seperti baja, memiliki satu sifat yang disebut dengan daktilitas.

Menurut Duggal (2013), daktilitas merupakan kemampuan yang dimiliki material untuk mengalami deformasi inelastis yang besar tanpa terjadi reduksi kekuatan dan kekakuan yang signifikan. Daktilitas dapat dirumuskan sebagai perbandingan antara deformasi saat kelelahan pertama terhadap deformasi sesaat sebelum keruntuhan terjadi. Sifat daktil sangat baik untuk bangunan terutama yang terletak di daerah rentan gempa. Hal ini disebabkan karena ketika menerima beban lebih dari kemampuannya, material yang memiliki sifat tersebut mengalami deformasi inelastis terlebih dahulu, sebelum akhirnya material mencapai titik putus. Dan pada saat itulah penghuni gedung mendapatkan waktu tambahan untuk mengevakuasi diri sebelum terjadinya keruntuhan bangunan.

Perilaku sifat tersebut berkebalikan dengan material yang bersifat getas. ketika material tersebut terkena beban lebih besar dari kemampuannya, material akan langsung mengalami keruntuhan sehingga dapat membahayakan penghuni gedung tersebut. Hal ini disebabkan karena material getas tidak mengalami fase plastis atau deformasi inelastik. Salah satu material yang memiliki sifat getas adalah beton. Perbedaan kurva beban dan perpindahan material baja, yang mewakili sifat daktil, dan material beton, yang mewakili sifat getas, ditunjukkan pada *Gambar 2.8*



*Gambar 2. 8* Perbandingan Kurva Beban dan Perpindahan Material Getas dan Daktil

Sumber: Putri, Remayanti, dan Wibowo (2018)

## 2.5 Beban Statis

Beban statis merupakan beban dengan titik dan arah garis kerja yang tetap. Pembebanan ini diterapkan pada *pushover analysis* dimana beban gempa diubah menjadi beban statis ekuivalen yang terletak pada tiap *level* bangunan. Beban statis dapat berupa beban mati dan beban hidup. Dimana beban mati merupakan berat sendiri struktur dan beban hidup merupakan beban yang ditimbulkan dari beban luar yang bekerja pada struktur.

## 2.6 Analisa Pushover

Menurut SNI 03-1726-2002, *Pushover analysis* merupakan teknik analisa dengan menjadikan pengaruh gempa, yang berlaku sebagai beban statis, terletak pada pusat massa masing-masing lantai. Dengan menggunakan analisis *pushover*, perilaku seperti kapasitas struktur dan daktilitas suatu struktur dapat diketahui (Bruneau, Uang & Sabelli, 2011).

Pada dasarnya, proses analisis ini adalah dengan menambahkan beban lateral statis secara bertahap sampai struktur yang terbebani berdeformasi sesuai dengan yang telah direncanakan atau bahkan sampai struktur yang terbebani menjadi tidak stabil. Menurut Arzal (2018), analisis *pushover* dapat dilakukan dengan dua metode yaitu *displacement control* dan *load control*.

### 2.6.1 Displacement Control

Pada prosedur ini, yang menjadi variabel kontrol adalah deformasi pada struktur. Prosedur ini digunakan apabila besar simpangan sudah direncanakan sejak awal. Maka dari itu, metode ini bertujuan untuk mengetahui besar beban yang mampu ditahan oleh struktur tersebut.

### 2.6.2 Load Control

Berkebalikan dengan *displacement control*, prosedur ini digunakan saat beban sudah direncanakan dari awal. Prosedur ini bertujuan untuk mengetahui besar simpangan yang terjadi pada struktur akibat beban rencana tersebut.

## 2.7 Deformasi

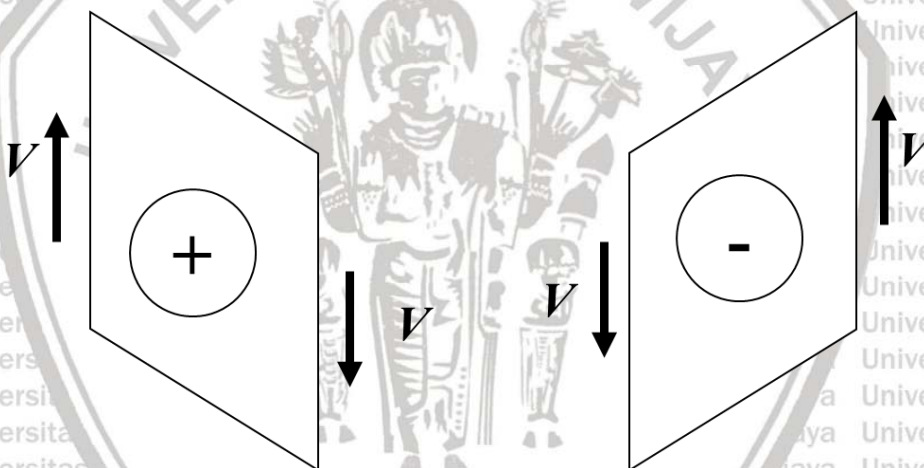
Deformasi dapat diartikan sebagai perubahan bentuk atau perpindahan suatu titik dari posisi awal ke posisi akhir (Alaydrus, Nurlina, & Remayanti, 2016). Perubahan bentuk yang terjadi disebabkan oleh beban yang bekerja pada suatu struktur. Menurut Taranath (2012), deformasi lateral yang terjadi pada *Eccentrically Braced Frame* (EBF) adalah hasil penjumlahan dari tiga deformasi berikut ini:

1. Deformasi pada *bracing* akibat pemendekan atau pemanjangan (deformasi aksial)
2. Deformasi akibat regangan aksial pada kolom (deformasi aksial)
3. Deformasi pada *link beam* akibat terjadinya kelelahan lentur atau geser (deformasi geser/lentur)

Namun, deformasi lentur pada *link beam* dinilai sangat kecil karena ukuran profil yang dirancang jauh lebih besar dari CBF. Selain itu, deformasi yang terjadi pada *bracing* dan kolom juga sangat kecil. Hal ini disebabkan karena *bracing* dan kolom dirancang untuk tetap berada pada fase elastis. Sehingga deformasi yang terjadi sangat kecil walaupun *link beam* sudah mengalami kelelahan geser.

### 2.7.1 Deformasi Geser

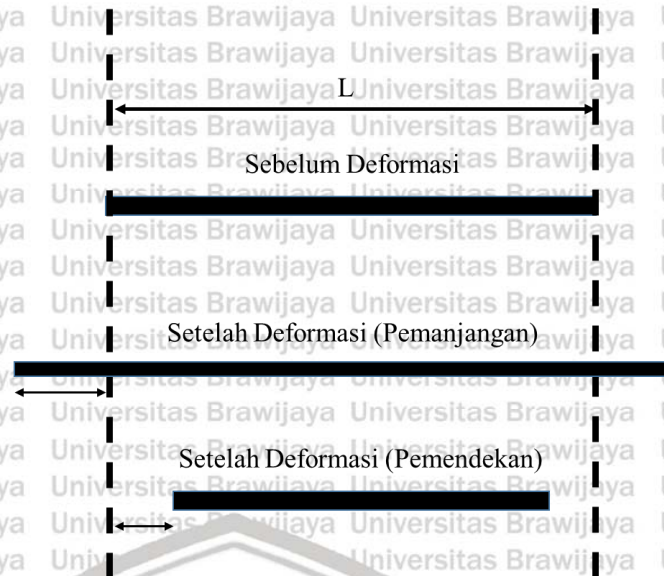
Deformasi atau perpindahan geser disebabkan oleh adanya gaya geser. Gaya ini bekerja sejajar dengan permukaan potongan penampang. Gaya ini timbul akibat adanya perlawanan terhadap gaya luar.



Gambar 2. 9 Bentuk Deformasi Geser

### 2.7.2 Deformasi Aksial

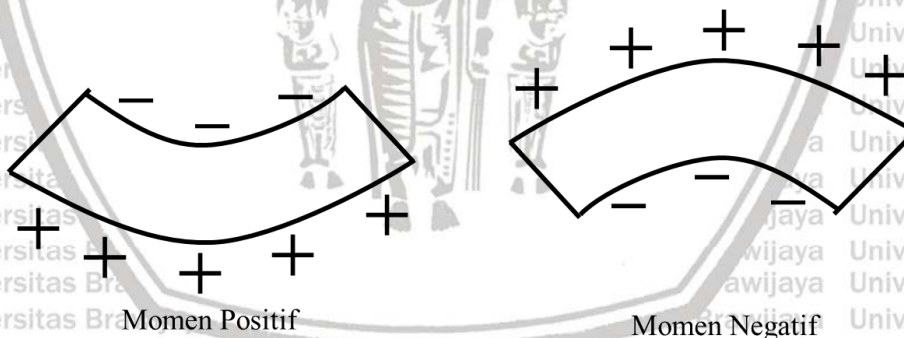
Perpindahan Aksial disebabkan oleh adanya gaya aksial. gaya tersebut bekerja pada arah sejajar sumbu elemen. Deformasi Aksial terbagi menjadi dua yaitu pemanjangan dan pemendekan. Pemanjangan disebabkan oleh gaya aksial tarik sedangkan pemendekan disebabkan oleh gaya aksial tekan.



Gambar 2. 10 Bentuk Deformasi Aksial

### 2.7.3 Deformasi Lentur

Deformasi lentur disebabkan oleh timbulnya regangan akibat beban luar. Suatu gelagar yang diberikan beban akan berusaha untuk menahan beban tersebut sehingga menimbulkan momen lentur. Seperti pada Gambar 2.10, momen lentur terbagi menjadi dua yaitu momen lentur positif dan momen lentur negatif. Pada momen lentur positif, tegangan tekan akan terjadi pada serat atas dan tegangan tarik terjadi pada serat bawah penampang.



Gambar 2. 11 Bentuk Deformasi Lentur Momen Positif dan Momen Negatif

## 2.8 Kriteria Kelelahan Von Mises

Keruntuhan pada struktur dapat terjadi dengan berbagai kriteria kelelahan. Salah satunya adalah teori kriteria kelelahan Von Mises atau *Distortion Energy Theory*. Kriteria ini berlaku pada material yang bersifat duktail. Pada kriteria ini, kelelahan terjadi saat energi yang terjadi pada kelelahan uji tarik memiliki nilai yang sama dengan energi distorsi maksimal. Kriteria Von Mises digunakan pada software ABAQUS. Software ini akan dengan otomatis menggambarkan distribusi tegangan Von Mises pada suatu elemen

sehingga bagian-bagian yang beresiko terjadi kelelahan dapat terlihat. Hal ini menjadi sangat menguntungkan apabila kelelahan plastis terjadi pada material. Tegangan Von Mises merupakan tegangan ekuivalen dari tegangan yang terdapat pada material.

## 2.9 Software ABAQUS

*Software* ini merupakan salah satu dari sekian banyak *software* ketekniksipilan. *Software* ini dapat dijadikan sebagai alat bantu dalam proses permodelan dan analisis struktur. Fitur yang ditawarkan oleh *software* ini sangat banyak sehingga menjadi salah satu alasan *software* ini sering digunakan untuk keperluan riset. Keunggulan yang dimiliki *software* ini diantaranya adalah:

1. Dalam proses analisis suatu elemen, *output* yang dikeluarkan lebih 3D dan lebih rinci. Seperti perpindahan struktur, tegangan, regangan, dan sebagainya.
2. Dapat mengetahui waktu terjadinya kelelahan bahkan dengan *software* ini, analisis bisa dilakukan hingga struktur mengalami keruntuhan atau *collapse*
3. Dapat meng-*input* Data material struktur ke menu *input file* secara manual
4. Dapat menganalisis struktur menggunakan ukuran atau dimensi yang sesuai dengan yang ada di lapangan, sehingga dapat meningkatkan keakuratan rencana dan realisasi dengan menganalisis kekuatan strukturnya pada *software* ini
5. Dapat memodelkan berbagai macam geometri struktur
6. Analisis dilakukan secara otomatis sehingga akan menghemat waktu perancang dalam merencanakan sebuah bangunan

Proses analisis dengan *software* ABAQUS ini terdiri dari:

### 1. Proses Awal

Pada tahap ini dilakukan penggambaran model dengan koordinat sistem dan *input* data-data yang diperlukan untuk proses simulasi. Data-data yang dibutuhkan untuk proses analisis harus lengkap dan sesuai.

### 2. Simulasi

Pada tahap ini, *software* ABAQUS memulai proses analisisnya dengan otomatis. Waktu yang dibutuhkan untuk proses analisis ini bergantung pada jenis analisis yang dilakukan.

### 3. Proses Akhir

Pada tahap ini *output* dari proses simulasi dikeluarkan dalam bentuk laporan atau catatan.

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang mengusung topik berkaitan dengan penelitian ini diantaranya adalah:

Tabel 2. 1 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul Penelitian	Kesimpulan
1	D. Setyowulan, L. Susanti, dan M. N. Wijaya	<i>Study on the Behavior of a one-way eccentric braced frame under lateral load</i>	Semakin kecil eksentrisitas <i>bracing</i> pada EBF menunjukkan keunggulan yang mirip dengan sistem CBF. Sehingga sistem EBF dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti CBF dalam mengatasi kendala sulitnya pengaplikasian struktur.
2	Jusuf Wilson Meynerd Rafael dan Budi Suswanto	Studi Perilaku Link Pendek, Link Menengah dan Link Panjang pada Struktur Baja Sistem EBF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respon <i>short link beam</i> lebih baik dibandingkan dengan <i>intermediate link dan long link</i></li> <li>• Kekakuan dan kekuatan <i>short link</i> lebih baik dibandingkan dengan <i>intermediate link dan long link</i></li> </ul>

Melihat dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan, penelitian terkait pengaruh *bracing* diagonal dengan eksentrisitas dua arah pada portal baja terhadap beban dan perpindahan belum pernah dilakukan. Contohnya penelitian yang ditunjukkan pada Tabel

### 2.1.

Penelitian yang dilakukan oleh Setyowulan, Susanti, dan Wijaya (2020), menggunakan benda uji berupa portal beton bertulang dengan *bracing* diagonal eksentris satu arah. Variabel bebas pada penelitian ini adalah jarak eksentrisitas *bracing*. Sedangkan

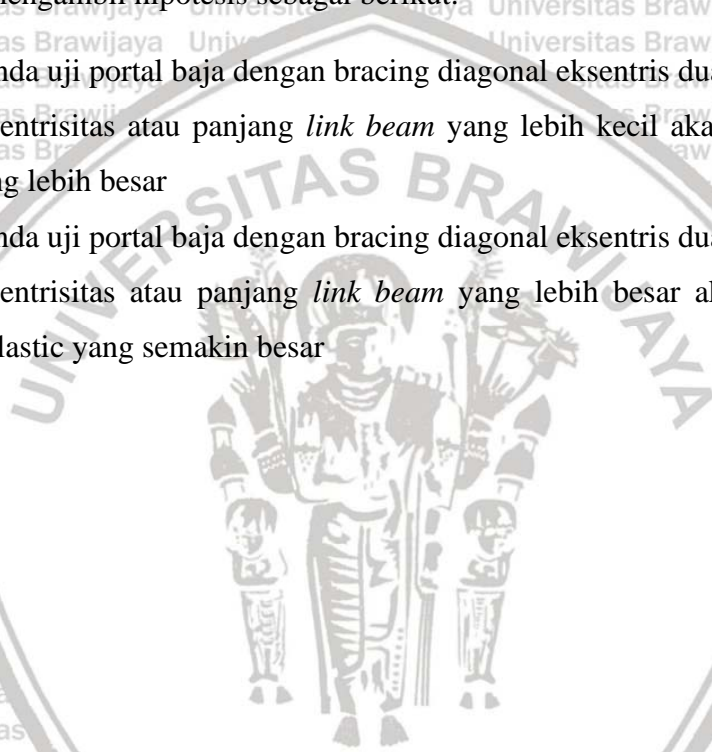
variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini adalah perpindahan, beban, kapasitas momen, tegangan, regangan, daktilitas dan pola retak.

Penelitian lainnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Rafael dan Suswanto (2019). Benda uji pada penelitian ini berupa portal baja dengan bracing eksentris tipe inverted-V. variabel bebas pada penelitian ini adalah jarak eksentrisitas bracing sedangkan variabel terikat berupa perpindahan dan tegangan.

## 2.11 Hipotesis Penelitian

Mengacu pada tinjauan pustaka yang telah penulis bahas, maka pada penelitian ini penulis mengambil hipotesis sebagai berikut:

1. Benda uji portal baja dengan bracing diagonal eksentris dua arah yang memiliki jarak eksentrisitas atau panjang *link beam* yang lebih kecil akan mampu menahan beban yang lebih besar
2. Benda uji portal baja dengan bracing diagonal eksentris dua arah yang memiliki jarak eksentrisitas atau panjang *link beam* yang lebih besar akan mengalami deformasi inelastic yang semakin besar







(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Rancangan Penelitian

Objek penelitian ini adalah portal baja dengan *bracing* diagonal eksentris dua arah. Penelitian dilakukan dengan menganalisis pemodelan struktur tersebut menggunakan *software* ABAQUS. *Output* yang diharapkan dari analisis model struktur menggunakan *software* ini adalah besar perpindahan akibat beban statis yang diberikan pada masing-masing benda uji.

#### 3.2 Waktu Penelitian

Penelitian “Analisis Pemodelan Perilaku Beban dan Perpindahan pada Portal dengan *Bracing* Tipe Diagonal Eksentris Dua Arah” dilaksanakan mulai bulan Februari 2021 sampai dengan selesai.

#### 3.3 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, metode pengumpulan data yang dilakukan antara lain:

1. Studi pustaka. Metode ini merupakan metode pengumpulan data yang berasal buku, jurnal literatur, dan sumber lain yang merupakan penelitian terdahulu.
2. Data yang didapatkan dengan menganalisis pemodelan struktur menggunakan *software* ABAQUS

#### 3.4 Variabel Penelitian

Untuk memudahkan jalannya penelitian, perlu adanya suatu hal yang menjadi perhatian utama untuk dikaji. Menurut Mulyani (2021), hal yang ditentukan di awal perancangan penelitian untuk dikaji disebut dengan variabel penelitian. Selain itu, variabel penelitian juga dikatakan sebagai suatu hal yang dapat dipengaruhi atau mempengaruhi hal lainnya sehingga dapat mempengaruhi hasil penelitian. (Siyoto & Sodik, 2015)

##### 3.4.1 Variabel Bebas (*Independent*)

Merupakan variabel yang menjadi eksperimen atau yang ditentukan sendiri dan dapat mempengaruhi variabel terikat. Yang menjadi variabel bebas pada penelitian ini adalah jarak eksentrisitas *bracing*.

### 3.4.2 Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang ditentukan oleh peneliti guna memberi kesamaan perlakuan pada setiap benda uji. Hal ini ditujukan agar variabel terikat tidak dipengaruhi faktor lain selain variabel bebas. Sehingga, peneliti dapat lebih mudah untuk menganalisis pengaruh variabel bebas yang digunakan terhadap variabel terikat. Pada penelitian ini, variabel kontrol yang digunakan antara lain material, dimensi profil, serta lebar dan tinggi portal.

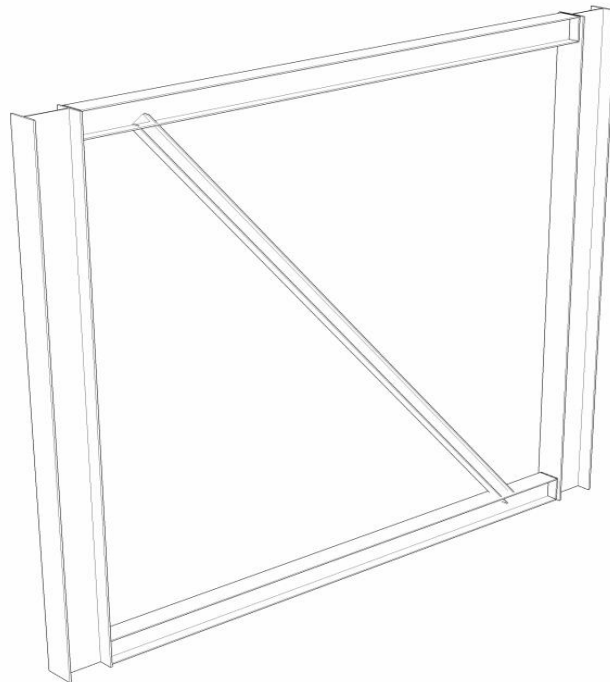
### 3.4.3 Variabel Terikat (*Dependent*)

Variabel terikat atau variabel *dependent* merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas atau variabel yang menjadi akibat dari perubahan variabel bebas. Pada penelitian ini, variabel terikat yang telah ditentukan adalah reaksi beban dan perpindahan yang terjadi pada struktur.

## 3.5 Pemodelan

Pada penelitian ini, struktur dimodelkan sebagai portal dua dimensi (2D). Penelitian menggunakan 6 benda uji dimana terdapat 3 bentuk geometri portal dengan masing-masing bentuk geometri dimodelkan dengan 2 variasi meshing yaitu berjumlah 4 (*meshing* sedikit) dan 25 (*meshing* banyak).

### 3.5.1 Ilustrasi Pemodelan



Gambar 3. 1 Ilustrasi Pemodelan Portal *Bracing* Eksentris

### 3.5.2 Data Teknis

Pada penelitian ini, data portal yang digunakan untuk pemodelan struktur adalah sebagai berikut:

- Tipe Portal : Portal satu lantai dengan *bracing* diagonal eksentris
- Tinggi Portal : 4 m (as ke as)
- Lebar Portal : 4 m (as ke as)
- Material : Baja
- Dimensi Profil : Ditunjukkan pada *Tabel 3.1*

*Tabel 3.1* Dimensi Portal Baja dengan *Bracing* Diagonal

No.	Komponen Struktur	Dimensi Profil
1.	Balok	WF 200.150.6.9
2.	Kolom	WF 300.200.8.12
3.	<i>Bracing</i>	WF 100.100.6.8

Dalam penelitian ini, peneliti membuat tiga benda uji dimana masing-masing benda uji memiliki jarak eksentrisitas *bracing* yang berbeda-beda. Variasi jarak eksentrisitas diilustrasikan pada *Tabel 3.2*

*Tabel 3.2* Variasi Jarak Eksentrisitas *Bracing*

Benda Uji	Eksentrisitas (e)	Ilustrasi
1	0 cm ( <i>Bracing</i> konsentris)	
2	60 cm ( <i>Short link</i> )	
3	120 cm ( <i>Long link</i> )	

\*Satuan gambar dalam cm

### 3.5.3 Spesifikasi Material

Pada penelitian ini, material yang digunakan adalah baja dengan mutu BJ-37.

Spesifikasi material mengacu pada SNI-03-1729-2002 dengan ketentuan sebagai berikut:

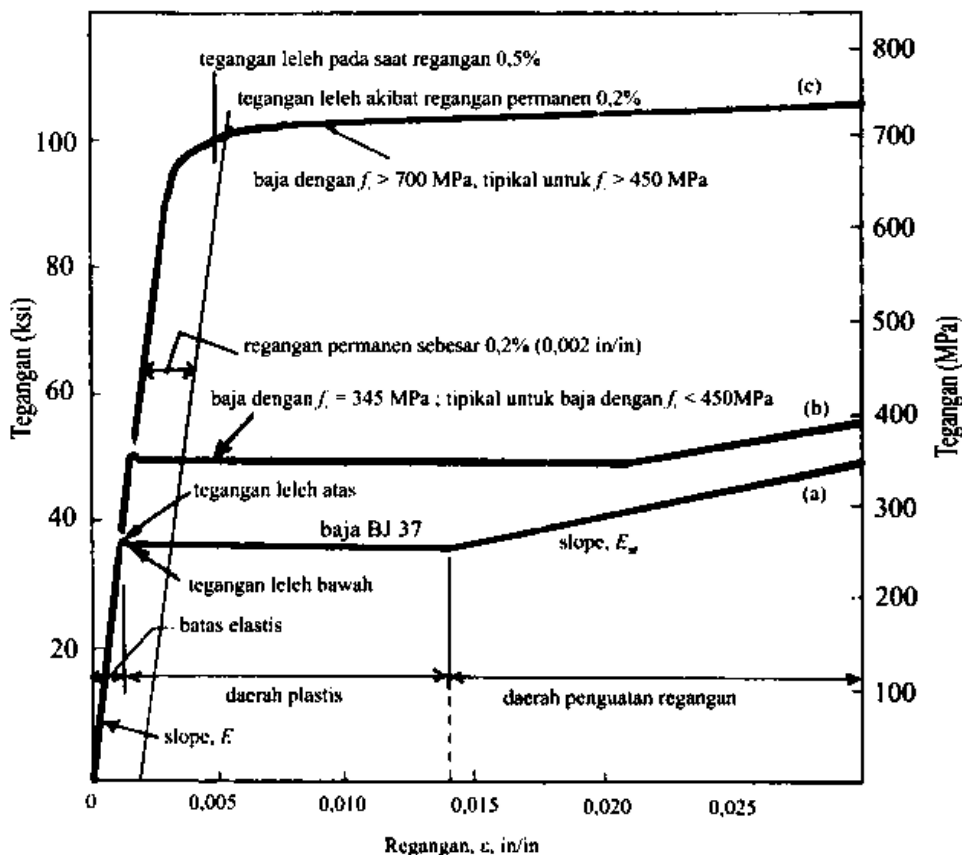
$$\text{Modulus Young (E)} = 200.000 \text{ MPa}$$

$$\text{Poisson Ratio } (\mu) = 0,3$$

$$\text{Massa Jenis } (\rho) = 7850 \text{ Kg/m}^3$$

### 3.5.4 True Stress dan True Strain

*Engineering stress-strain* yang ditunjukkan pada *Gambar 3.2* dapat dikonversi ke dalam *true stress-strain*. Nilai tersebut digunakan saat proses pemodelan struktur menggunakan *software ABAQUS*. Nilai yang di-input di *software* tersebut merupakan nilai hasil konversi dari 10 titik yang penulis ambil setelah kelelahan terjadi pada material.



Gambar 3. 2 Grafik Hubungan *Engineering Stress-Strain*

Sumber: Salmon dan Johnson, 1996

### 3.6 Tahapan Penelitian

#### 3.6.1 Pemodelan Benda Uji dengan Software ABAQUS

Tahapan pemodelan benda uji menggunakan *Software* ABAQUS adalah sebagai berikut:

##### 1. Pemodelan bentuk struktur

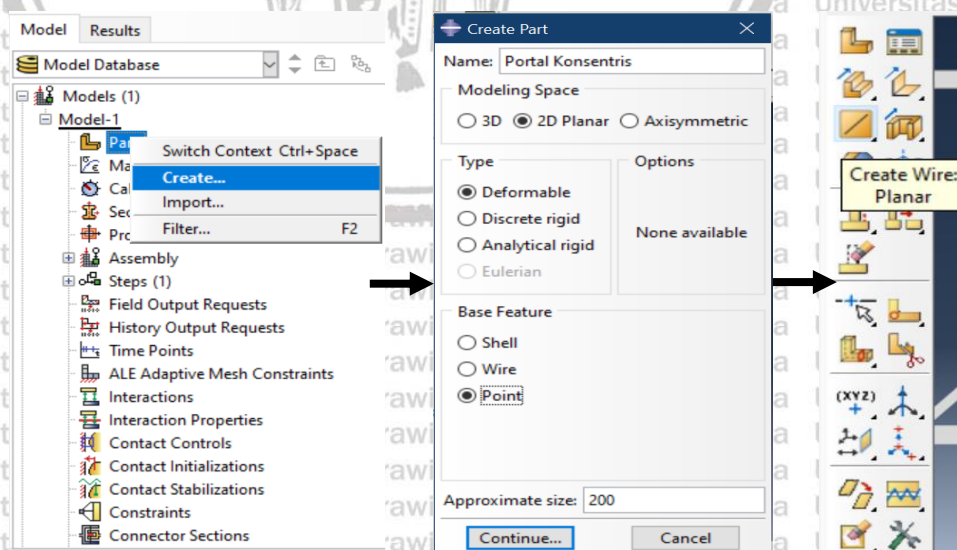
Sebelum memulai langkah ini, perlu untuk menentukan satuan yang digunakan sepanjang analisis karena pada *software* ABAQUS ini, satuan dituliskan secara manual sehingga pengguna harus konsisten dalam penggunaan satuan. Pemodelan struktur dilakukan dengan memilih *create* pada bagian *part*. Pemodelan pada penelitian ini berupa model portal dua dimensi. Pada bagian *create part*, pemilihan fitur ditunjukkan pada *Tabel 3.3*

*Tabel 3. 3*

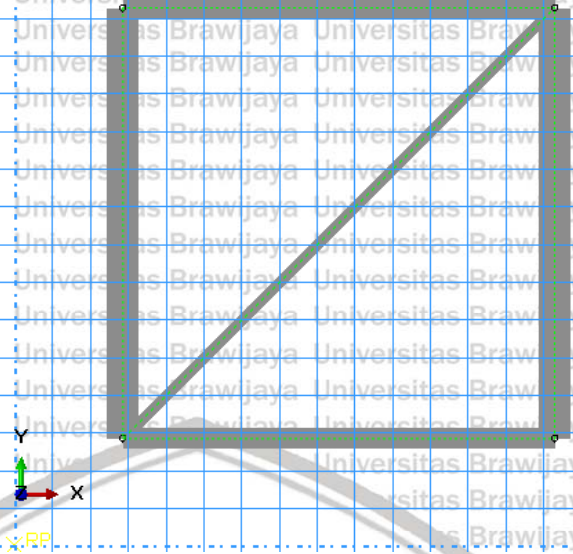
Pengaturan *Create Part*

No	Fitur	Pengaturan
1	<i>Modelling Space</i>	<i>2D Planar</i>
2	<i>Type</i>	<i>Deformable</i>
3	<i>Base Feature</i>	<i>Point</i>

Kemudian pemodelan dilanjutkan dengan memilih *create wire* untuk menentukan titik koordinat dan titik-titik koordinat tersebut dihubungkan dengan garis hingga membentuk model portal.



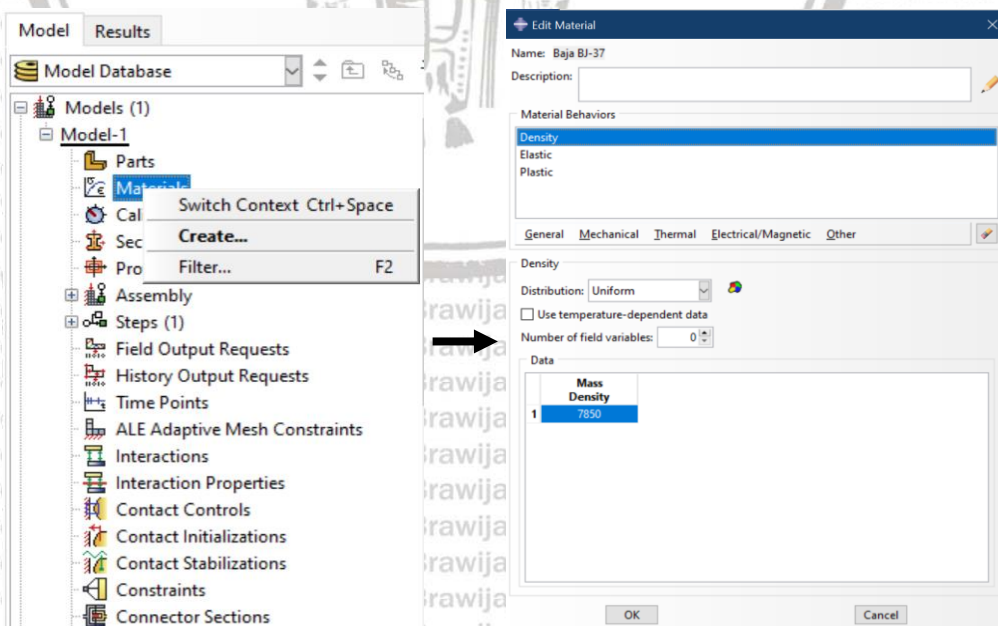
*Gambar 3. 3* Pembuatan *Part*



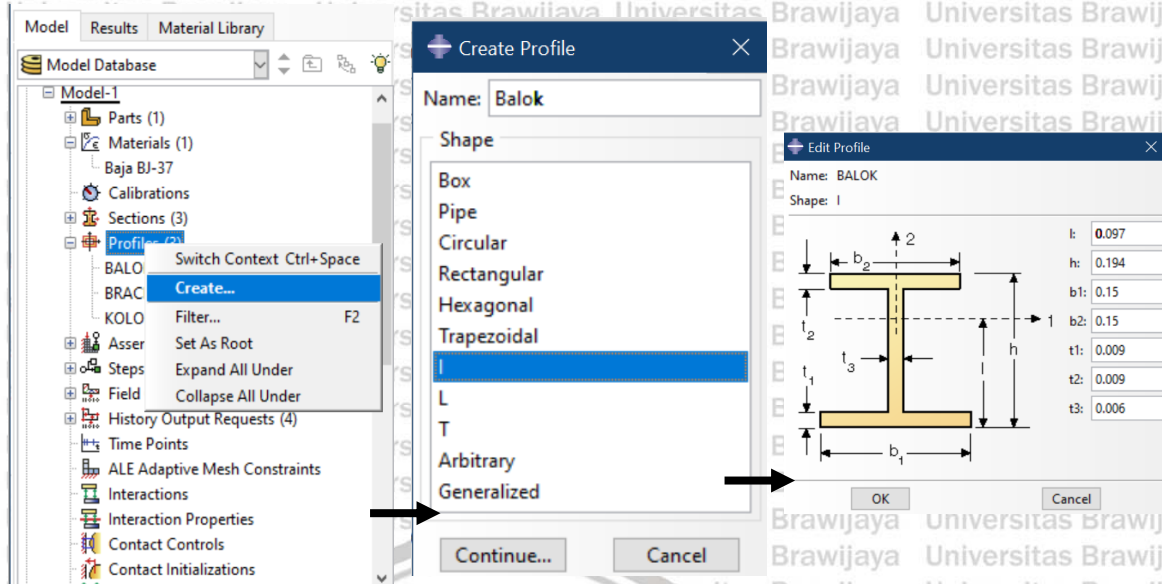
Gambar 3. 4 Hasil Pemodelan Part

## 2. Input Data Material dan Profil

Data yang di *input* pada tahap ini meliputi massa jenis, modulus elastisitas, *poisson's ratio*, dan *true strain-stress* yang dilakukan pada fitur *material* dan dimensi profil (mengacu pada tabel profil Ir. Morisco) yang di-*input* pada fitur *profiles*. Pada tahap ini, satuan yang digunakan juga harus sesuai dengan satuan pada tahap pemodelan struktur. Keterangan material yang di-*input* berupa Massa Jenis material, perilaku elastis dan perilaku plastis.

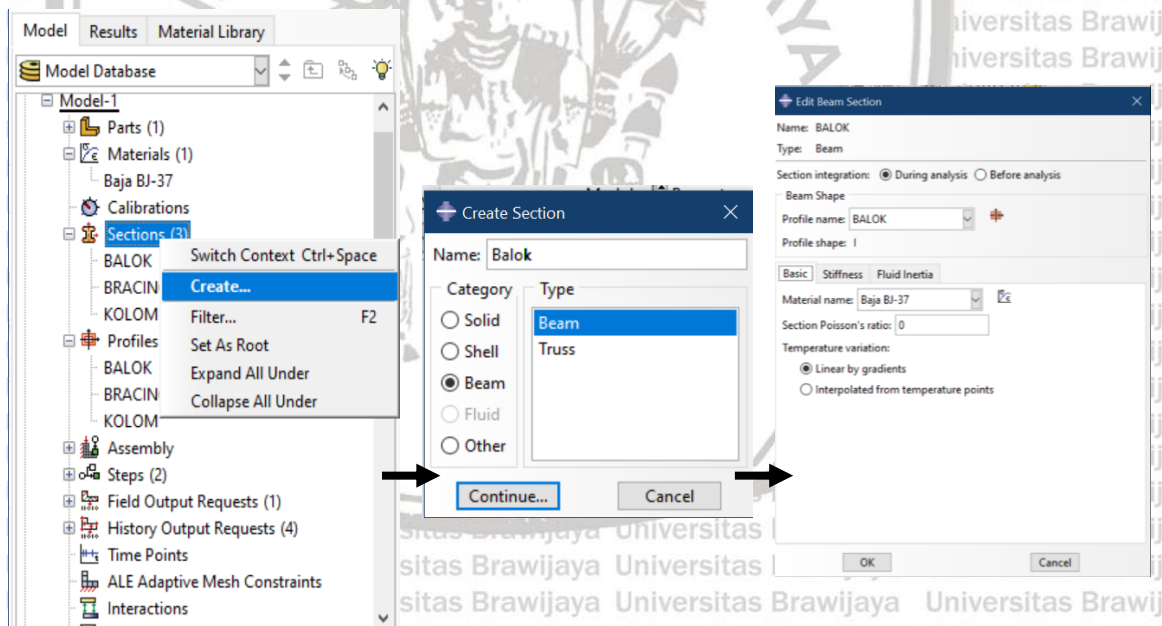


Gambar 3. 5 Input data material



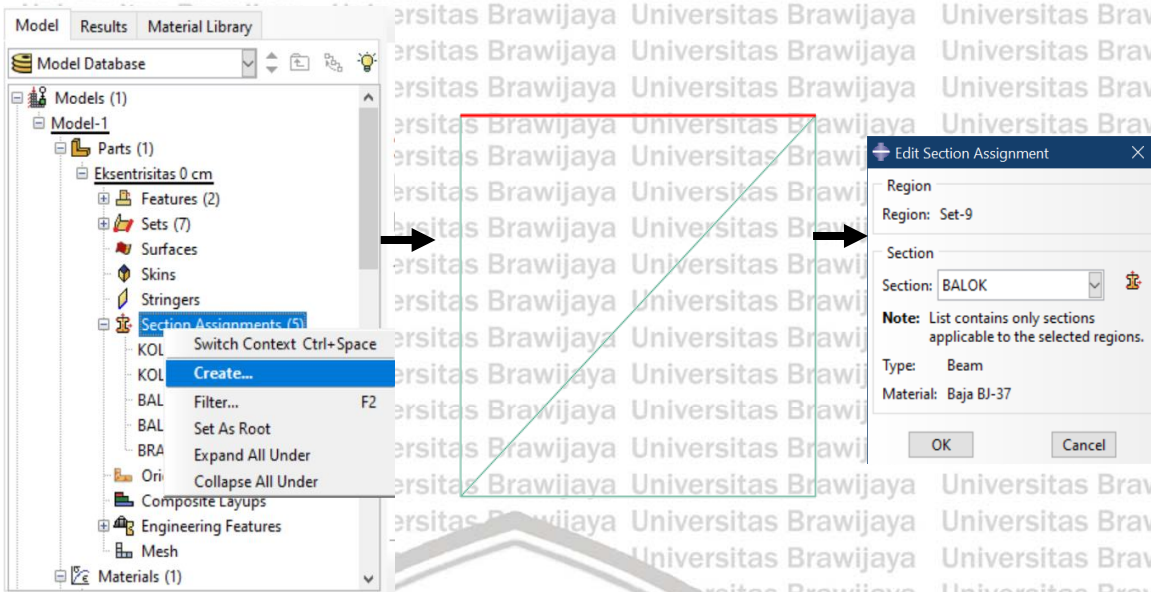
Gambar 3. 6 Input Data Profil

Kemudian dilanjutkan dengan penentuan material dan penampang baja yang digunakan pada tiap komponen. Tahap ini dilakukan dengan menggunakan fitur *section* dengan tipe *beam*.



Gambar 3. 7 Pengaturan Section

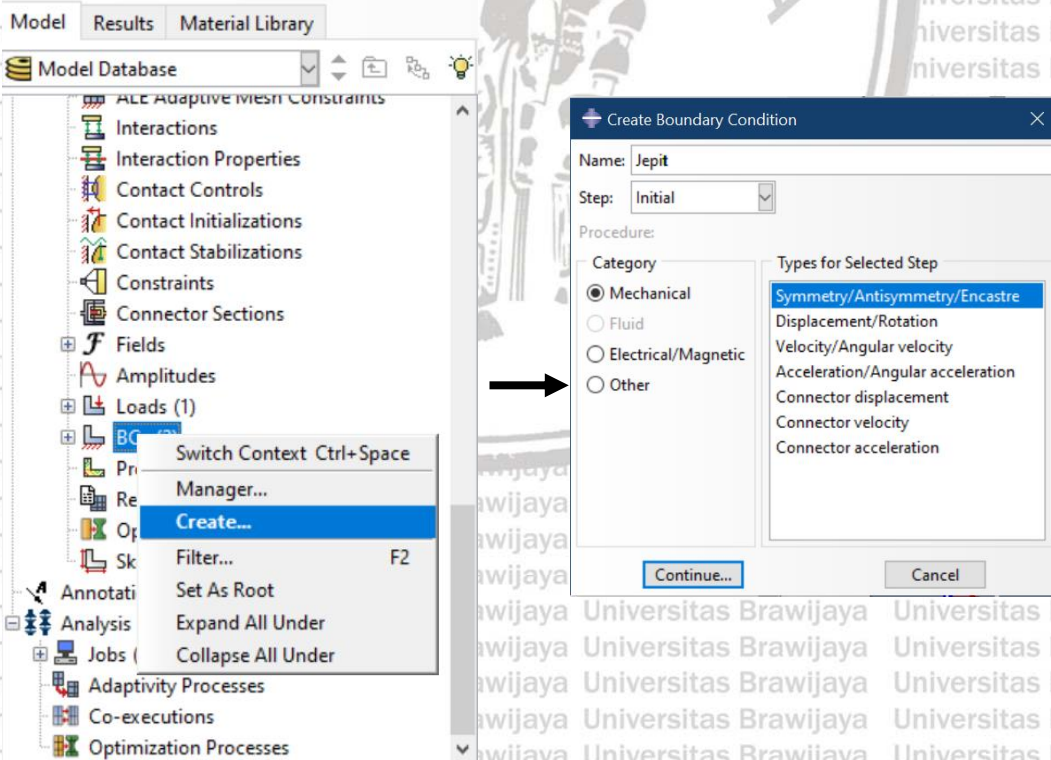




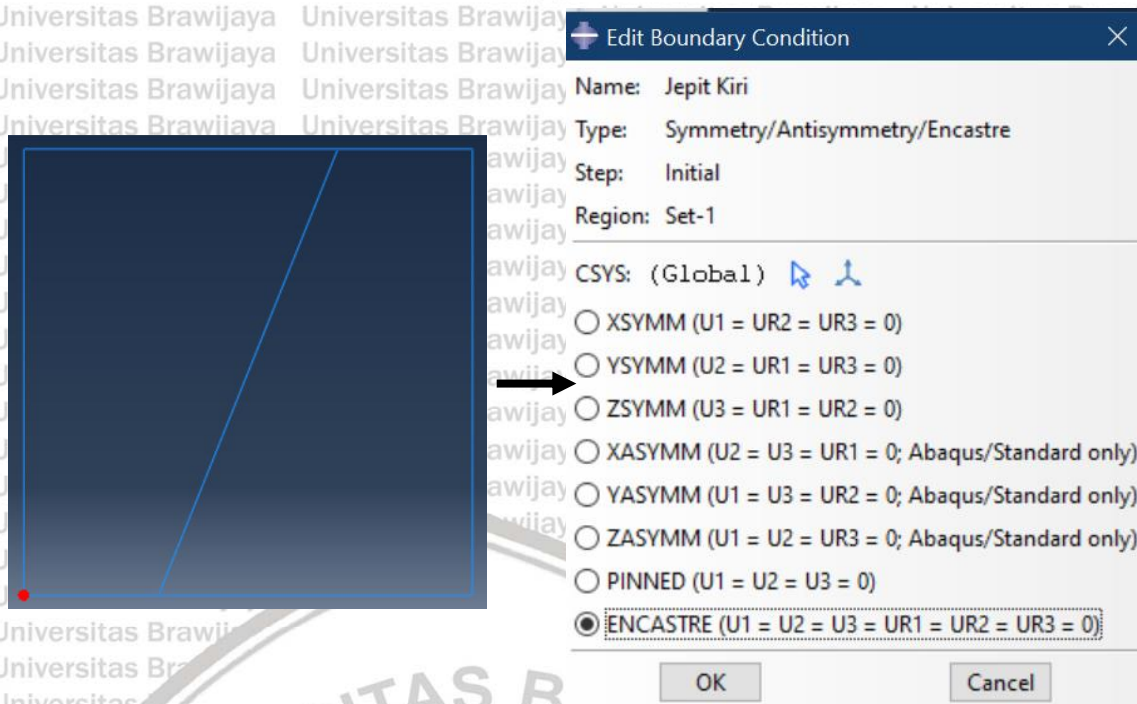
Gambar 3. 8 Penentuan Material dan Penampang tiap Komponen

### 3. Input Tumpuan

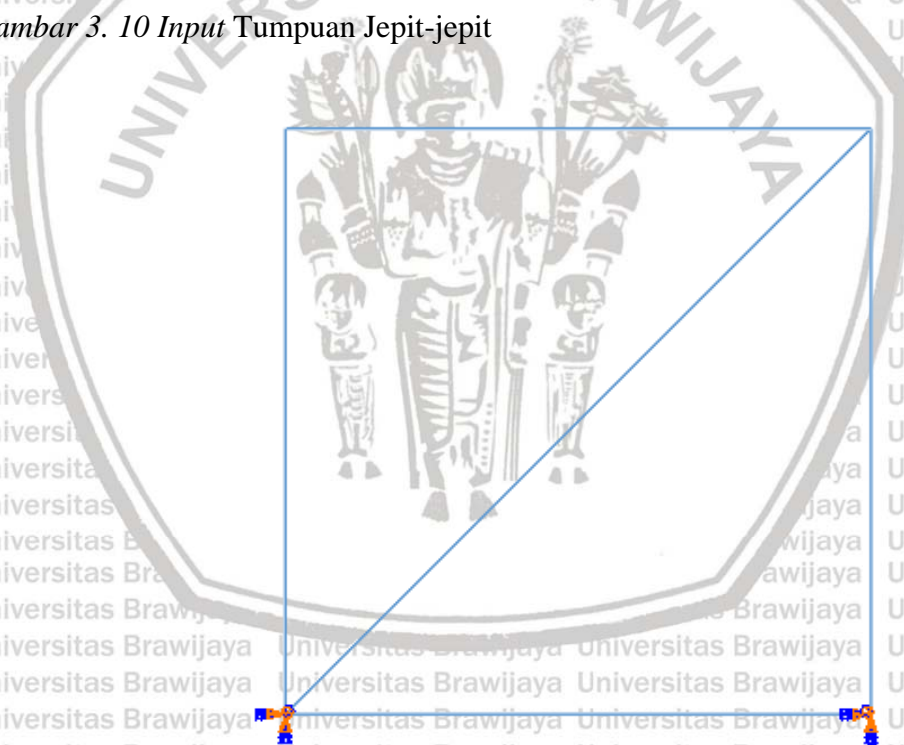
Tumpuan yang digunakan pada penelitian ini adalah tumpuan jepit-jepit. Pada *Software* ABAQUS ini, pemilihan tumpuan dapat dilakukan pada bagian *Boundary Condition* (BCs) dan tumpuan jepit dinamakan dengan *Encastre*.



Gambar 3. 9 Pembuatan *Boundary Condition*



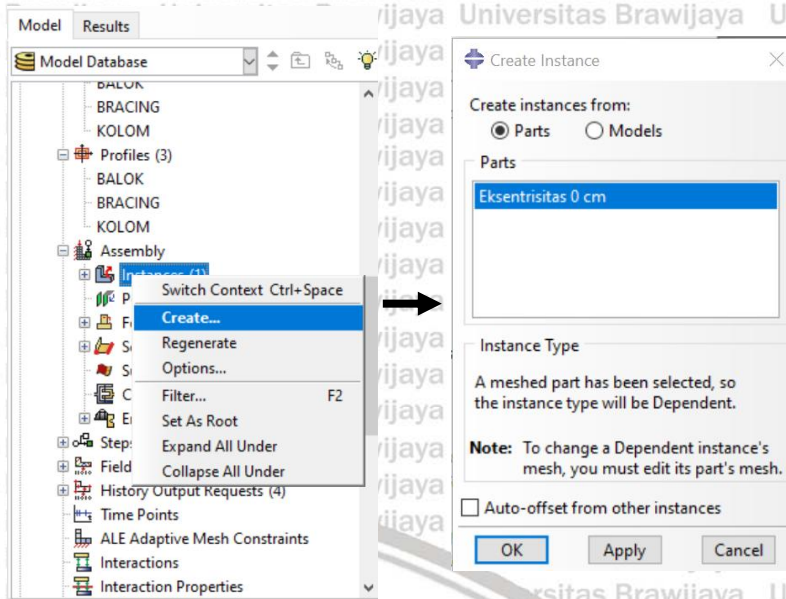
Gambar 3. 10 Input Tumpuan Jepit-jepit



Gambar 3. 11 Tumpuan Jepit-jepit

#### 4. Penggabungan bagian-bagian

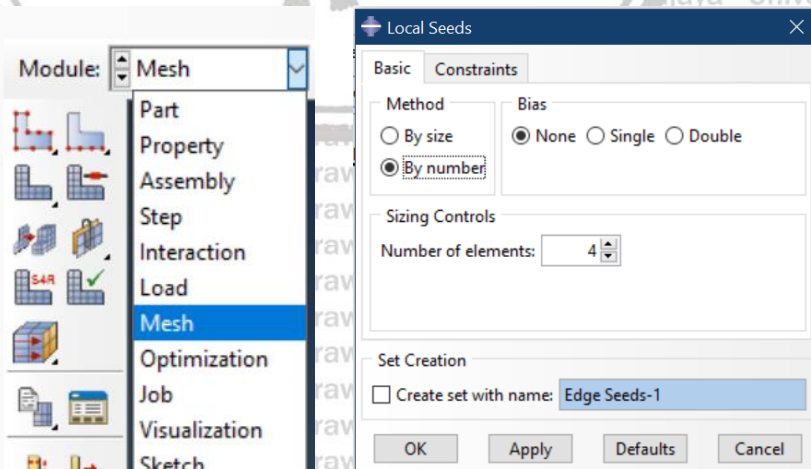
Tahap ini merupakan tahap penggabungan bagian-bagian (*parts*) yang dibuat di awal tahap agar menjadi satu model.



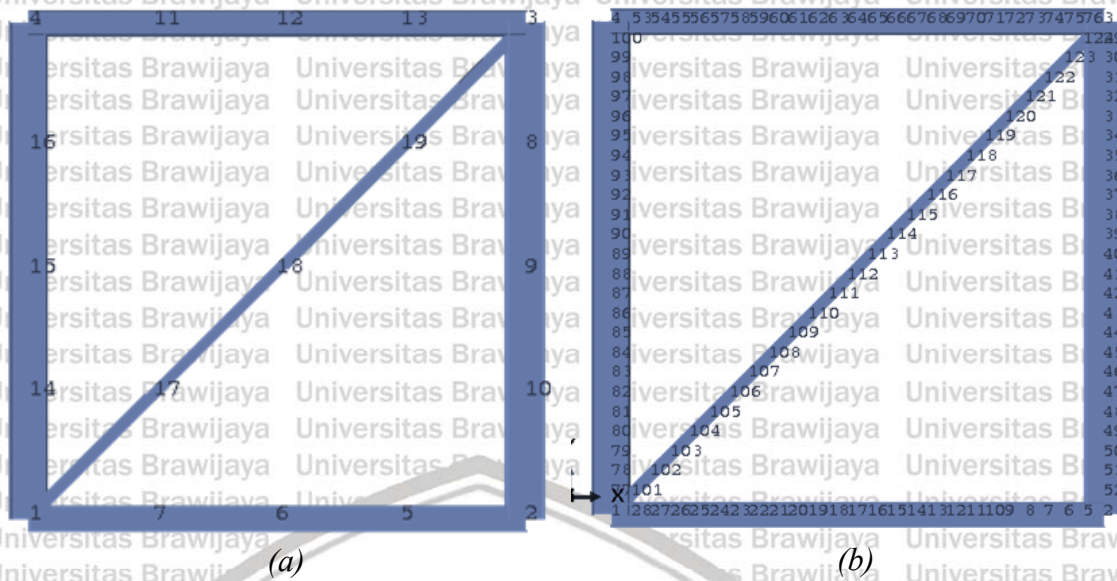
Gambar 3.12 Create Instances

### 5. Meshing

Meshing pada software ini membagi struktur menjadi beberapa elemen sesuai dengan jumlah yang diinginkan. Semakin banyak elemen (*meshing* semakin rapat) akan membuat hasil analisis lebih akurat terhadap yang sebenarnya terjadi. Sehingga, walaupun dengan membuat *meshing* semakin banyak akan memperlambat proses penampilan data hasil, hasil yang diberikan akan lebih baik. Besar *meshing* di-input pada *number of elements* dalam fitur *seeds*. Pada penelitian ini, *meshing* yang diberikan ke benda uji dibedakan menjadi *meshing* sedikit yaitu berjumlah 4 dan *meshing* banyak yaitu berjumlah 25. Perbedaan jumlah *meshing* ini ditujukan untuk melihat pengaruh *meshing* terhadap hasil analisis.



Gambar 3.13 Pembuatan Meshing

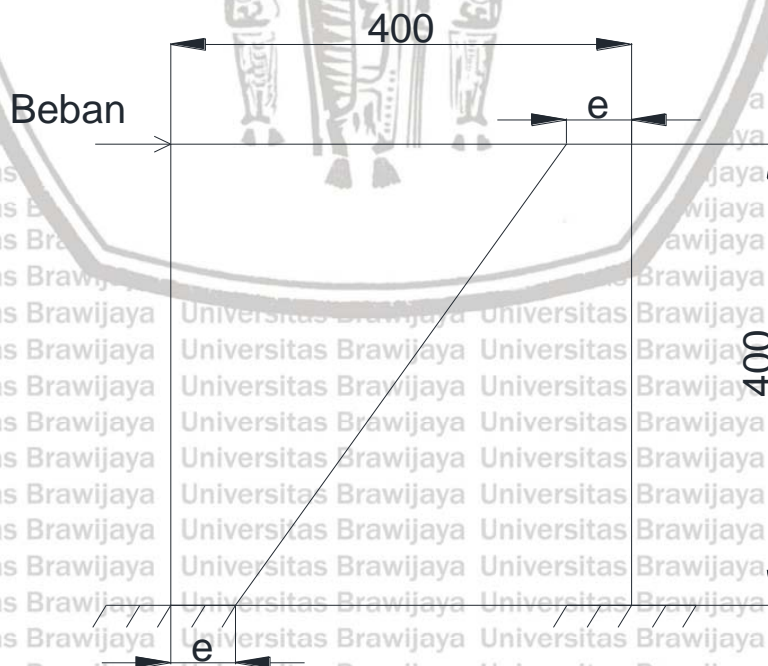


(a) Meshing 4; (b) Meshing 25

Gambar 3. 14 Penomoran node meshing

### 3.6.2 Pembebanan Benda Uji

Tahap ini merupakan tahap pemodelan terakhir sebelum melakukan tahap analisis struktur. Pembebanan yang di-input merupakan beban lateral maksimum struktur. Beban yang diberikan diletakkan pada titik kiri atas portal seperti pada Gambar 3.13

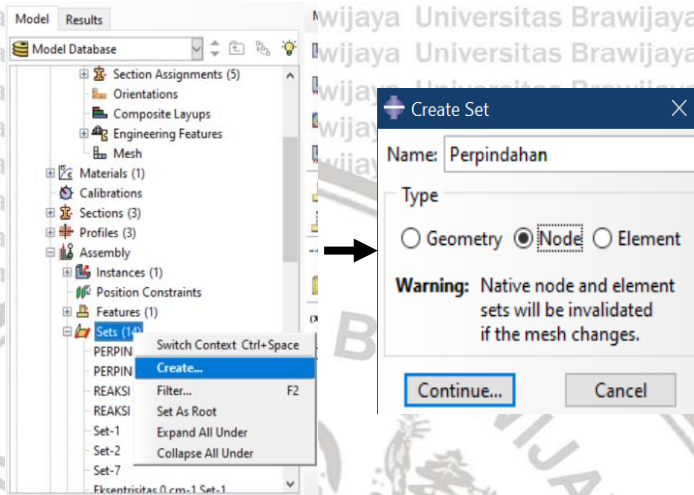


Gambar 3. 15 Pembebanan Benda Uji

Berikut ini merupakan tahapan pembebanan yang dilakukan pada software ABAQUS:

### 1. Create Sets

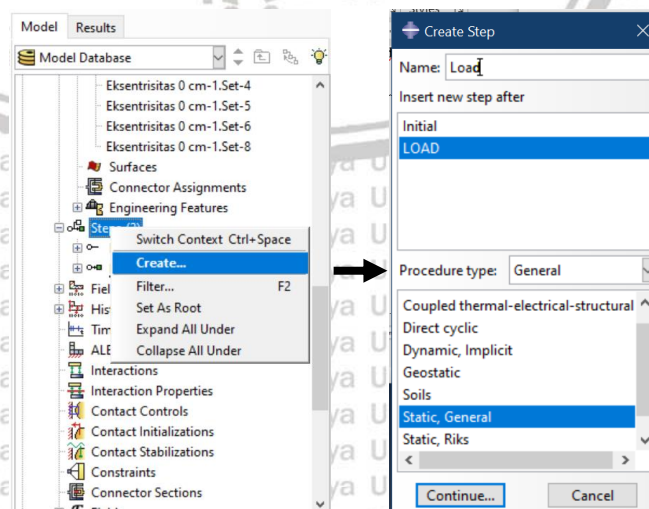
Tahap ini merupakan tahapan pembuatan daerah tinjauan. Pengguna *software* dapat memilih *set* tipe *Geometry*, *Node*, dan *Element*. Penelitian ini meninjau reaksi beban dan perpindahan pada titik-titik tertentu sehingga pada tahapan ini, *set type* yang digunakan adalah *node*.



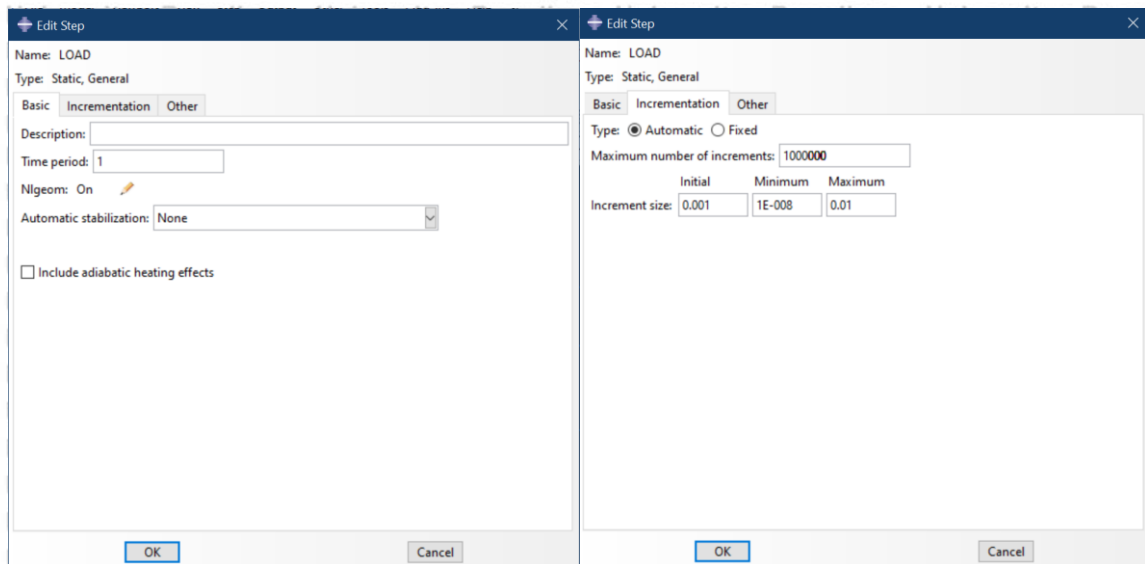
Gambar 3. 16 Create Sets

### 2. Create Steps

Pada tahap ini memasukkan jumlah *increments* maksimum, *increment size* berupa nilai *initial*, minimum dan maksimum. Nilai *increments* ini mempengaruhi jumlah data yang dihasilkan, sehingga, nilai *increments* perlu disesuaikan sedemikian rupa untuk mendapatkan jumlah data yang diinginkan.



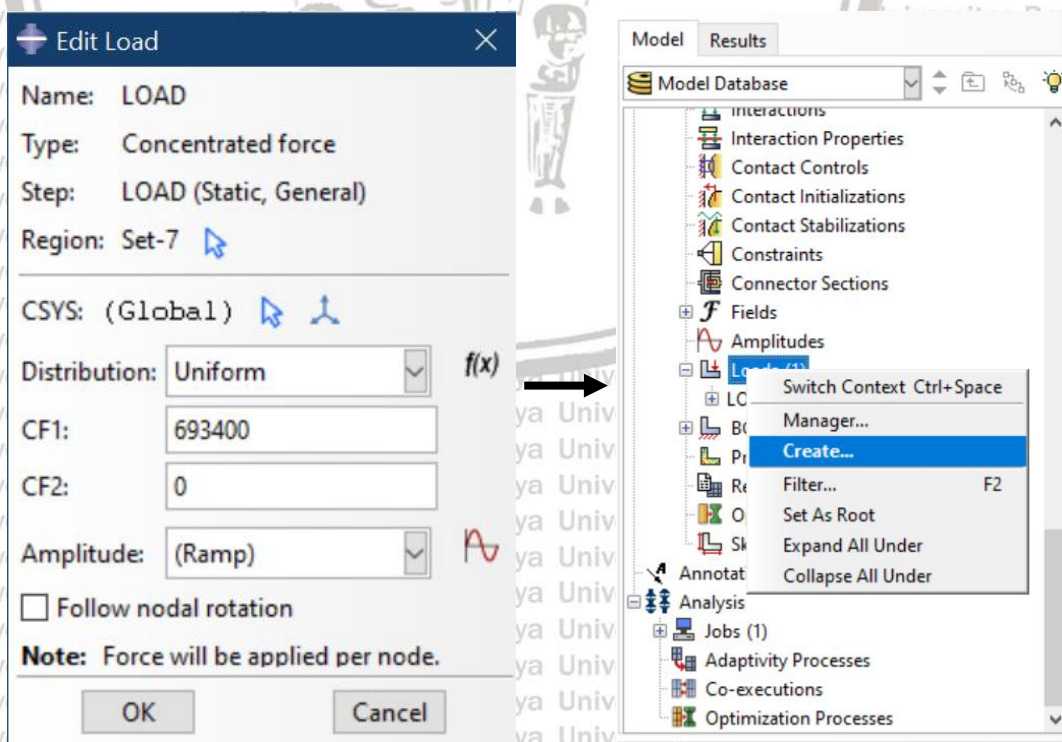
Gambar 3. 17 Create Steps



Gambar 3. 18 Pengaturan Steps

### 3. Create Loads

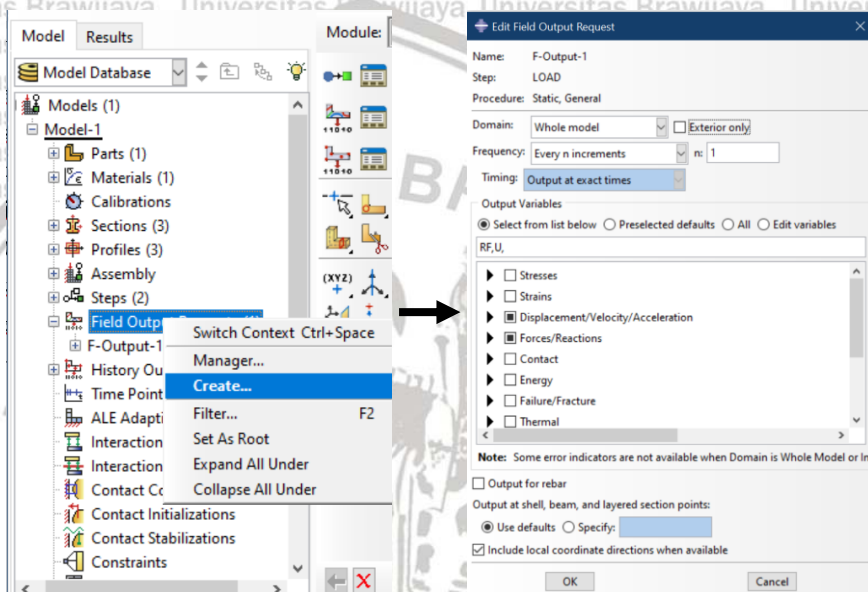
Beban yang digunakan pada penelitian ini dimasukkan pada tahap ini. Sebelum akhirnya digunakan, beban tersebut didapatkan dengan cara mencoba besaran beban pada portal dengan *bracing* konsentris hingga struktur mengalami keruntuhan. Beban yang menyebabkan keruntuhan tersebut selanjutnya digunakan untuk seluruh pemodelan.



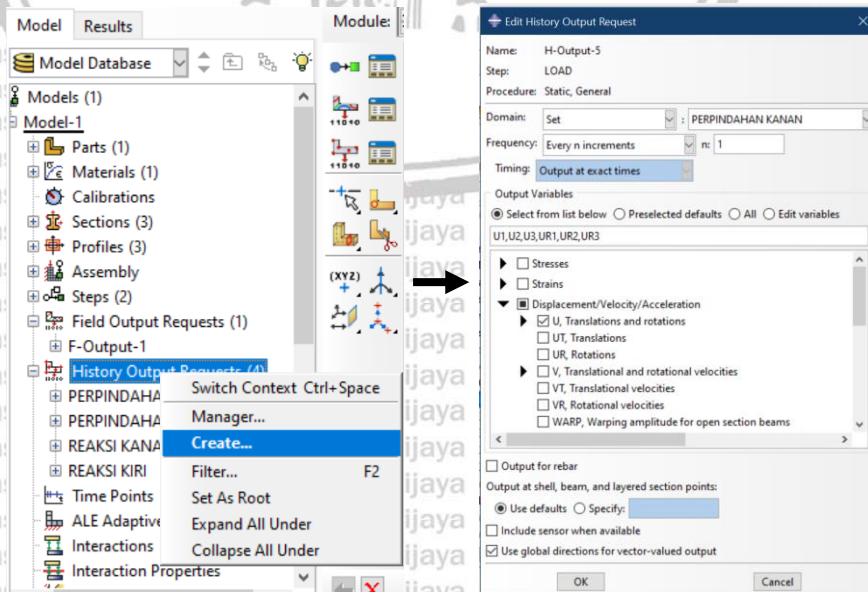
Gambar 3. 19 Input Beban

### 3.6.3 Penetapan *Output* pada *Software* ABAQUS

Tahap ini merupakan tahapan terakhir sebelum memulai analisis benda uji. Hasil analisis yang diharapkan pada penelitian ini adalah nilai perpindahan, reaksi tumpuan dan hasil momen. Sehingga, peneliti memilih tiga *output* tersebut pada *software*. *Output* dipilih pada bagian *field output* dan *history output*. *Node* kiri atas dan kanan atas merupakan titik tinjauan deformasi yang terjadi pada struktur. Sehingga, pengaturan yang digunakan adalah U (*Displacement, translation and rotation*). Sedangkan untuk *node* kiri bawah dan kanan bawah merupakan titik tinjauan reaksi tumpuan dan momen. Sehingga pengaturan yang digunakan adalah RF (*Reaction force and moments*).



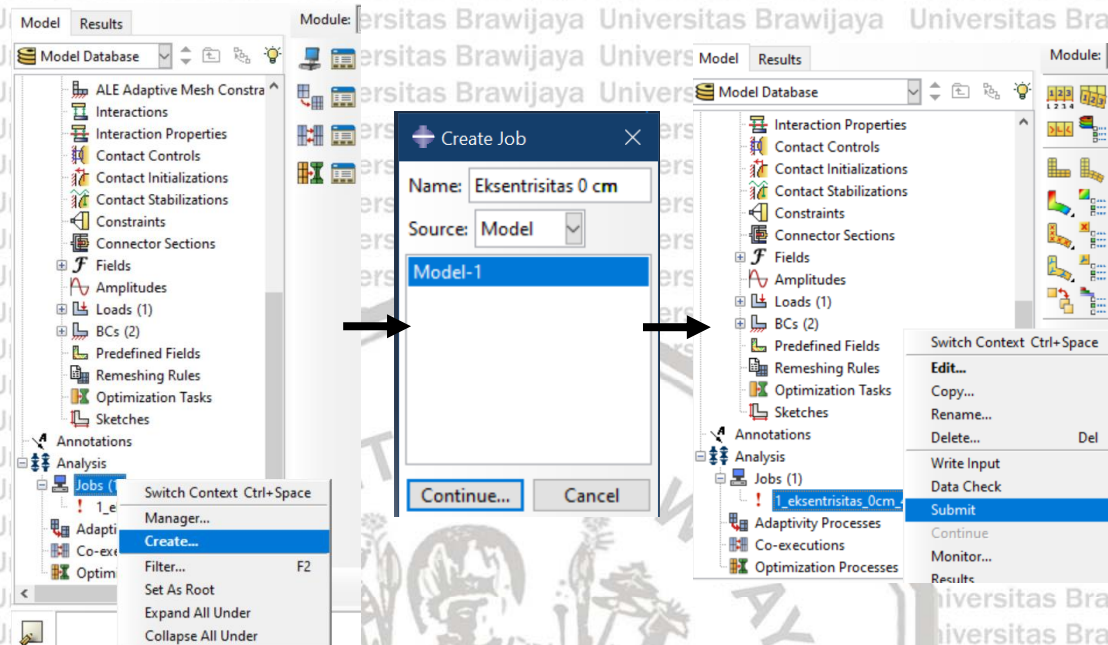
Gambar 3. 20 Pembuatan *Field Output*



Gambar 3. 21 Pembuatan *History Output*

### 3.6.4 Proses Analisis dengan Software ABAQUS

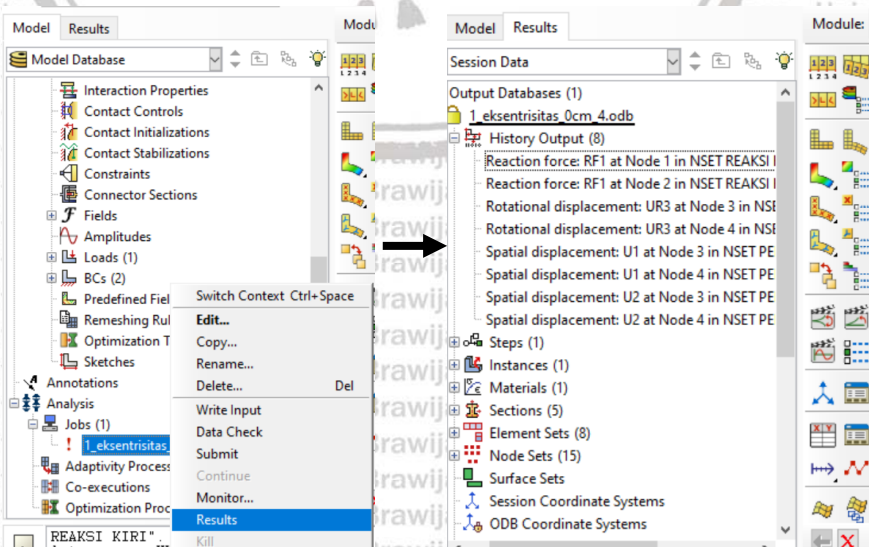
Setelah semua tahapan sebelumnya sudah dilakukan, proses analisis benda uji dapat dimulai. Setelah memilih *submit*, proses analisis dilakukan secara otomatis oleh *software* ABAQUS.



Gambar 3. 22 Memulai Analisis Pemodelan

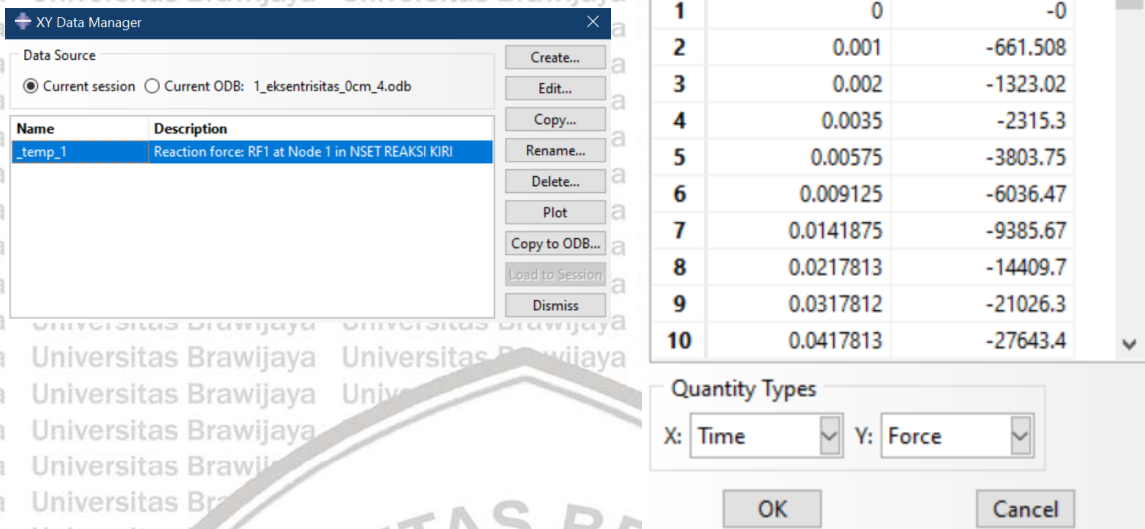
### 3.6.5 Pengolahan Data Hasil Analisis dan Penarikan Kesimpulan

Tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah pengolahan data hasil analisis dan penarikan kesimpulan. Data hasil analisis didapatkan dari proses analisis pada *software* ABAQUS.

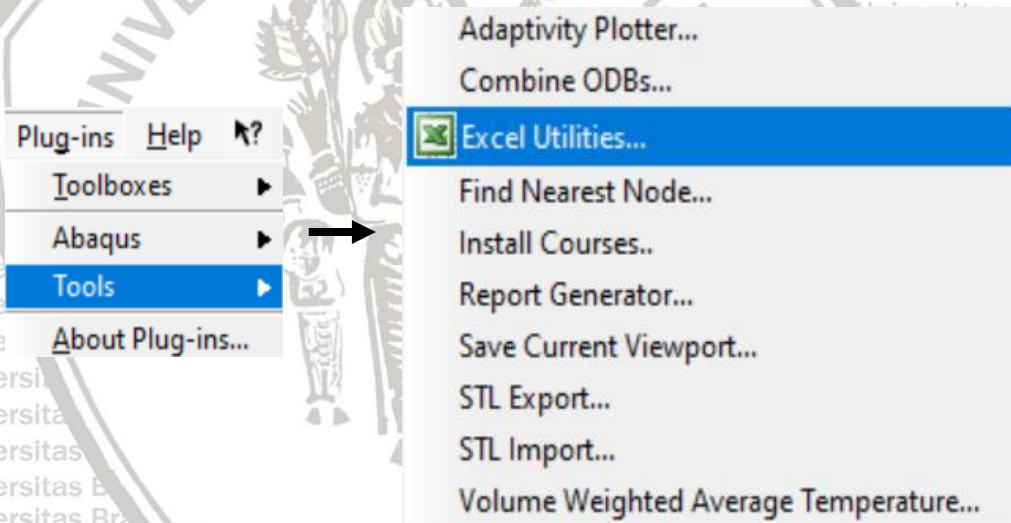


Gambar 3. 23 Proses Pemunculan Data Hasil Analisis





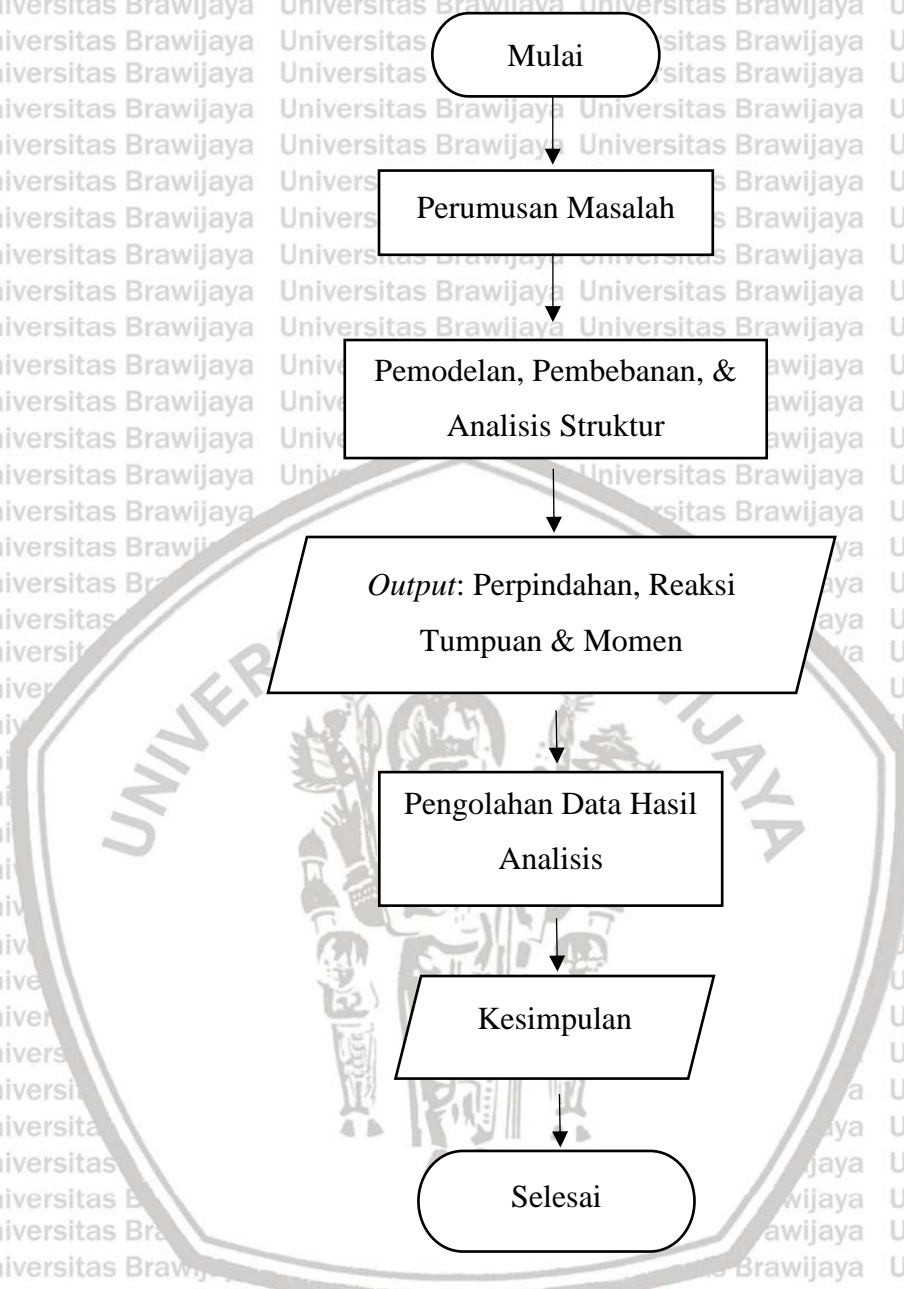
Gambar 3. 24 Output Analisis



Gambar 3. 25 Export Data ke Excel

Penelitian memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh besar eksentrisitas dua arah pada *bracing* tipe diagonal akibat beban statis pada struktur terhadap perpindahan struktur dan mengetahui perbandingan antara perilaku akibat beban statis terhadap perpindahan pada portal dengan *bracing* tipe diagonal eksentris dua arah dan portal dengan *bracing* tipe diagonal konsentris. Sehingga hubungan beban-perpindahan pada setiap benda uji perlu untuk dibandingkan.

### 3.7 Diagram Alir Penelitian





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**BAB IV**

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Material dan Profil Struktur**

**4.1.1 Satuan yang Digunakan pada ABAQUS**

*Software* ABAQUS tidak memiliki fitur pemilihan satuan besaran. Besar angka yang dimasukkan ke dalam *software* harus konsisten dan sesuai dengan satuan yang digunakan.

Angka-angka tersebut juga tidak bisa dikonversi ke satuan lain secara otomatis melainkan pengguna harus mengganti secara manual besar angka sesuai dengan satuan yang ingin digunakan. Berikut merupakan sistem satuan yang biasa digunakan pada *software* ABAQUS:

Quantity	SI	SI (mm)	US Unit (ft)	US Unit (inch)
Length	m	mm	ft	in
Force	N	N	lbf	lbf
Mass	kg	tonne (10 <sup>3</sup> kg)	slug	lbf s <sup>2</sup> /in
Time	s	s	s	s
Stress	Pa (N/m <sup>2</sup> )	MPa (N/mm <sup>2</sup> )	lbf/ft <sup>2</sup>	psi (lbf/in <sup>2</sup> )
Energy	J	mJ (10 <sup>-3</sup> J)	ft lbf	in lbf
Density	kg/m <sup>3</sup>	tonne/mm <sup>3</sup>	slug/ft <sup>3</sup>	lbf s <sup>2</sup> /in <sup>4</sup>

*Gambar 4.1* Sistem Satuan dalam ABAQUS

Sumber: ABAQUS

Mengacu kepada sistem satuan yang tertera pada *Gambar 4.1*, penelitian ini menggunakan sistem satuan yang ditunjukkan pada *Tabel 4.1*. Satuan berikut digunakan pada seluruh pemodelan dalam penelitian ini.

*Tabel 4. 1* Sistem Satuan yang Digunakan dalam Analisis

No.	Besaran	Satuan
1	Panjang	m
2	Gaya	N

3	Massa	Kg
4	Waktu	Detik
5	Tengangan	Pa (N/m <sup>2</sup> )
6	Energi	J
7	Massa Jenis	Kg/m <sup>3</sup>

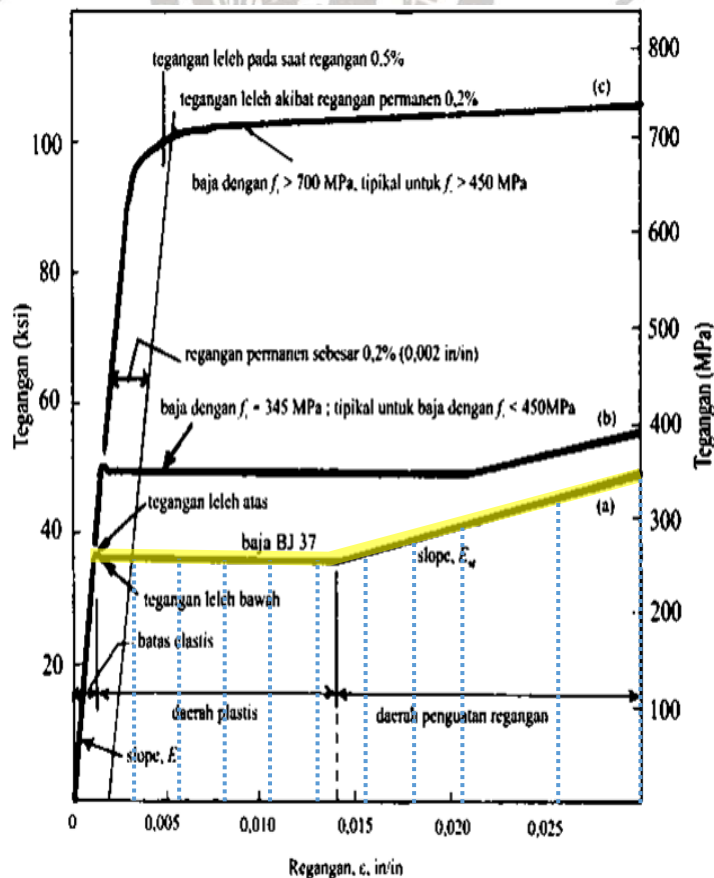
#### 4.1.2 Material

Material baja yang digunakan pada penelitian ini merupakan baja dengan mutu BJ-

37. Spesifikasi material yang di *input* pada *software* ABAQUS adalah sebagai berikut:

1. *Modulus young* =  $2 \times 10^{11}$  Pa
2. *Poisson ratio* = 0,3
3. Massa jenis = 7850 Kg/m<sup>3</sup>
4. *True stress* dan *true strain* = \*tertera pada Tabel 4.2

Nilai *true stress* dan *true strain* yang di *input* digunakan untuk menunjukkan perilaku plastis material. Nilai tersebut didapat dari hasil konversi sepuluh titik *engineering stress* dan *engineering strain* pada grafik tegangan-regangan berikut ini:



Gambar 4. 2 Pengambilan Titik Engineering Stress-strain

Menggunakan persamaan (2-1) dan (2-2) didapatkan nilai *true stress* dan *true strain* yang ditunjukkan pada *Tabel 4.2*:

*Tabel 4.2 Hasil Perhitungan True Stress dan True Strain*

No	Engineering Strain	Engineering Stress (Mpa)	True Strain	True Stress (Pa)
1	0,0025	260	0,0000	260000000
2	0,005	260	0,0050	261300000
3	0,0075	260	0,0075	261950000
4	0,01	260	0,0100	262600000
5	0,0125	260	0,0124	263250000
6	0,015	270	0,0149	274050000
7	0,0175	280	0,0173	284900000
8	0,02	300	0,0198	306000000
9	0,025	310	0,0247	317750000
10	0,03	360	0,0296	370800000

#### 4.1.3 Dimensi Profil

Pada penelitian ini, acuan yang digunakan dalam penentuan detail dimensi profil adalah Tabel Ir. Morisco. Detail dimensi yang perlu dimasukkan ke dalam *software* ABAQUS ditunjukkan pada *Tabel 4.3*

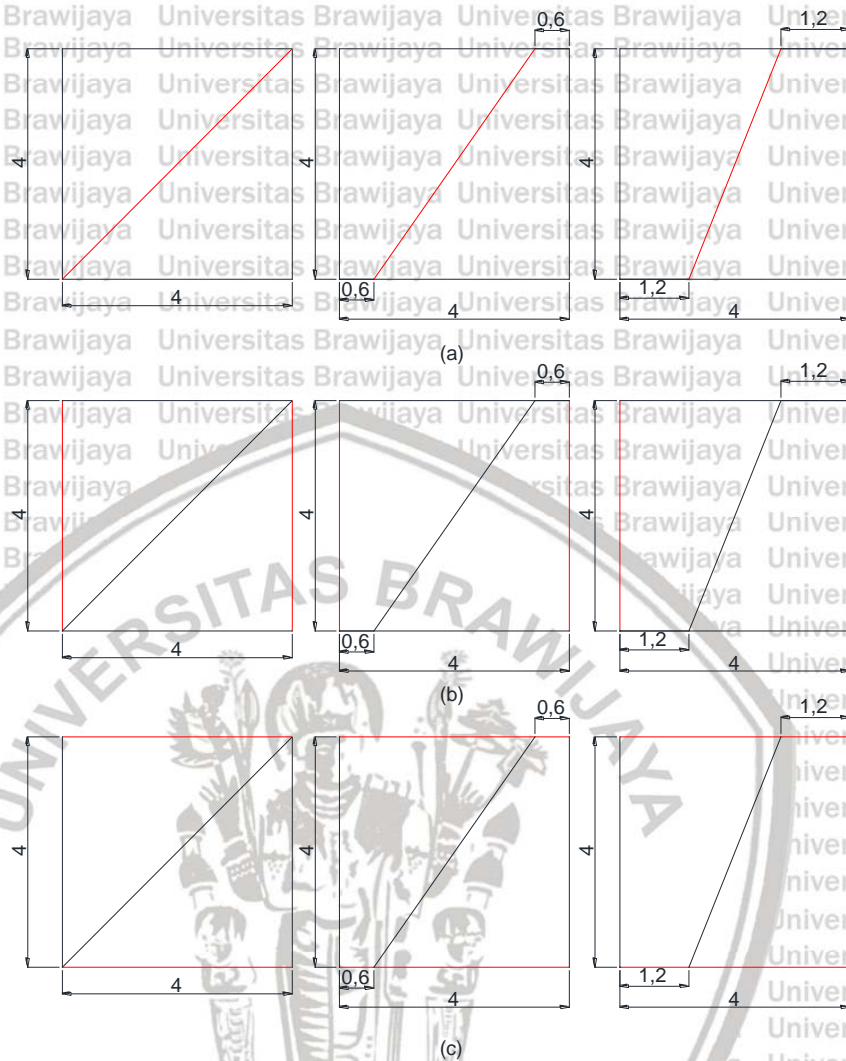
*Tabel 4.3 Detail Dimensi Profil*

No	Komponen	Profil	Dimensi (m)						
			I	h	b1	b2	t1	t2	t3
1	Bracing	WF 100.100.6.8	0,05	0,1	0,1	0,1	0,008	0,008	0,006
2	Balok	WF 200.150.6.9	0,097	0,194	0,15	0,15	0,009	0,009	0,006
3	Kolom	WF 300.200.8.12	0,147	0,294	0,2	0,2	0,012	0,012	0,008

Setelah meng-*input* detail dimensi profil yang digunakan, proses pemodelan dilanjutkan dengan menentukan jenis komponen pada tiap bagian portal. Komponen yang dipilih sudah mengandung informasi terkait spesifikasi material dan detail dimensi profil

yang digunakan. Pemilihan jenis komponen ditunjukkan dengan warna merah pada Gambar

4.3.



(a) Bracing; (b) Kolom; (c) Balok

Gambar 4.3 Pemilihan Komponen Portal

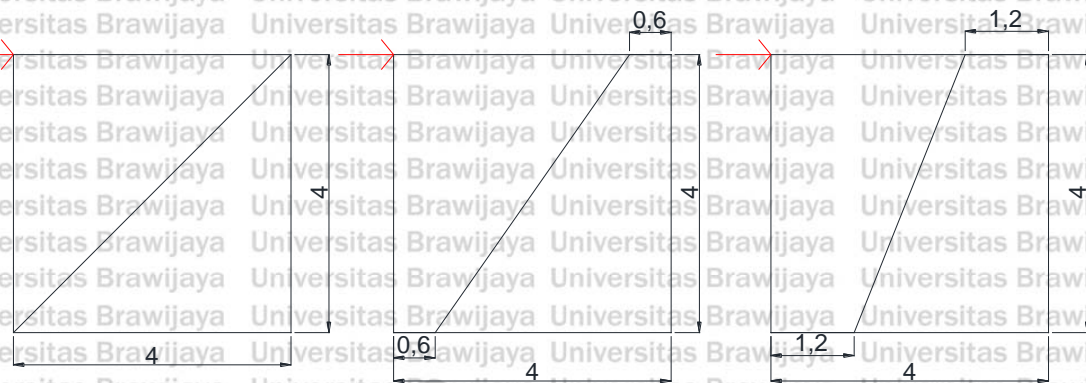
## 4.2 Pembebanan

Material baja merupakan material yang mengalami perilaku inelastis atau perilaku *nonlinear*. Sebelum memasukkan beban, fitur *Nonlinear Geometry* (NLgeom) pada

ABAQUS perlu dinyalakan guna menunjukkan perilaku *nonlinear* tersebut. Pada penelitian ini, penentuan besar beban dilakukan dengan menggunakan metode *trial and error* pada software ABAQUS hingga struktur mengalami keruntuhan, yang pada software ABAQUS

ditunjukkan dengan kata *aborted*. Nilai beban yang didapatkan dari hasil *trial and error* pada portal dengan *bracing* konsentris adalah sebesar 69,34 ton. Beban tersebut diletakkan secara lateral pada bagian kiri atas setiap model portal. Nilai beban pada setiap model tersebut

disamakan dengan tujuan agar dapat lebih mudah membandingkan perilaku beban dan perpindahan antara masing-masing model.



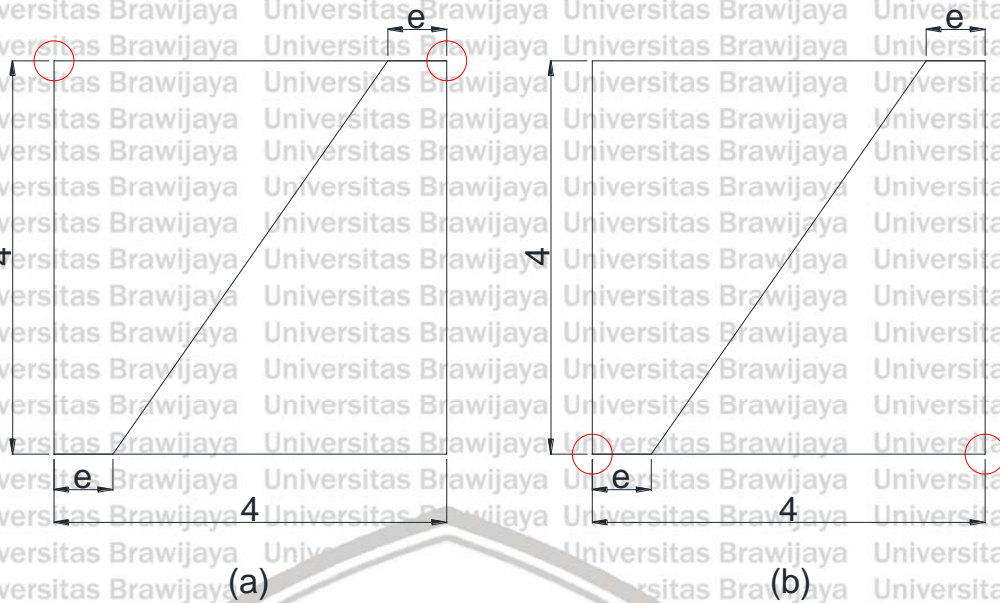
Gambar 4. 4 Ilustrasi Penempatan Beban pada Setiap Model Portal

### 4.3 Pemilihan Output Analisis Struktur Menggunakan ABAQUS

Dalam *software* ABAQUS terdapat dua opsi yang dapat digunakan untuk mengeluarkan hasil analisis yaitu *field output* dan *history output*. Kedua pilihan tersebut memiliki perbedaan. *Field output* mengeluarkan hasil analisis di seluruh bagian model, salah satu contohnya adalah untuk melihat distribusi tegangan *von mises* yang terjadi pada seluruh bagian model. Sedangkan hasil yang dikeluarkan oleh *history output* berupa data hasil analisis di bagian-bagian yang sudah ditentukan pengguna, contohnya untuk meninjau deformasi yang terjadi pada suatu titik atau *node*.

Variabel data hasil analisis pada *field output* dan *history output* yang ditampilkan dapat dipilih sesuai keinginan pengguna. Penelitian ini difokuskan pada peninjauan beban dan perpindahan, sehingga variabel data *output* yang dipilih adalah RF (*Forces: Reaction Forces and Moments*) dan U (*Displacement: Translation and Rotation*). Variabel data *output* U terdiri atas U1 (*displacement* arah x), U2 (*displacement* arah y) dan U3 (*displacement* arah z). Karena pemodelan portal pada penelitian ini berupa portal dua dimensi dengan arah x, maka variabel data *output* yang dipilih adalah U1. Titik atau *node* yang meninjau RF terletak pada *node* kiri bawah dan kanan bawah sedangkan titik atau *node* untuk meninjau U terletak pada *node* kiri atas dan kanan atas. Ilustrasi pemilihan *node* ditunjukkan pada Gambar 4.5.





(a) Node U; (b) Node RF

Gambar 4.5 Ilustrasi Pemilihan Node Variabel Output

#### 4.4 Hasil Analisis Portal dengan *Bracing* Diagonal Konsentris dan Eksentris Dua

##### Arah

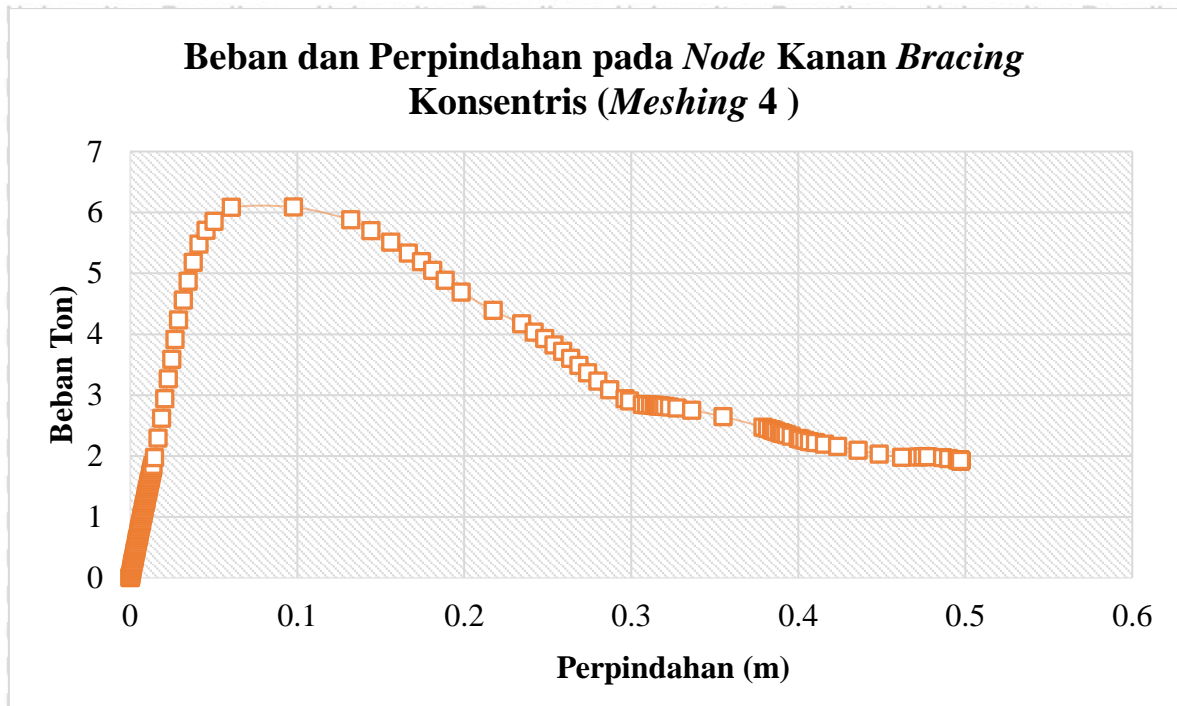
Penelitian ini menggunakan tiga bentuk geometri portal yaitu portal dengan *bracing* diagonal konsentris, portal dengan *bracing* diagonal eksentris dua arah dengan besar eksentrisitas 60 cm dan portal dengan besar eksentrisitas 120 cm. Kemudian ketiga bentuk tersebut masing-masing dimodelkan dengan variasi *meshing* kecil (berjumlah 4) dan *meshing* besar (berjumlah 25).

##### 4.4.1 Portal dengan *Bracing* Konsentris

###### A. *Meshing* 4

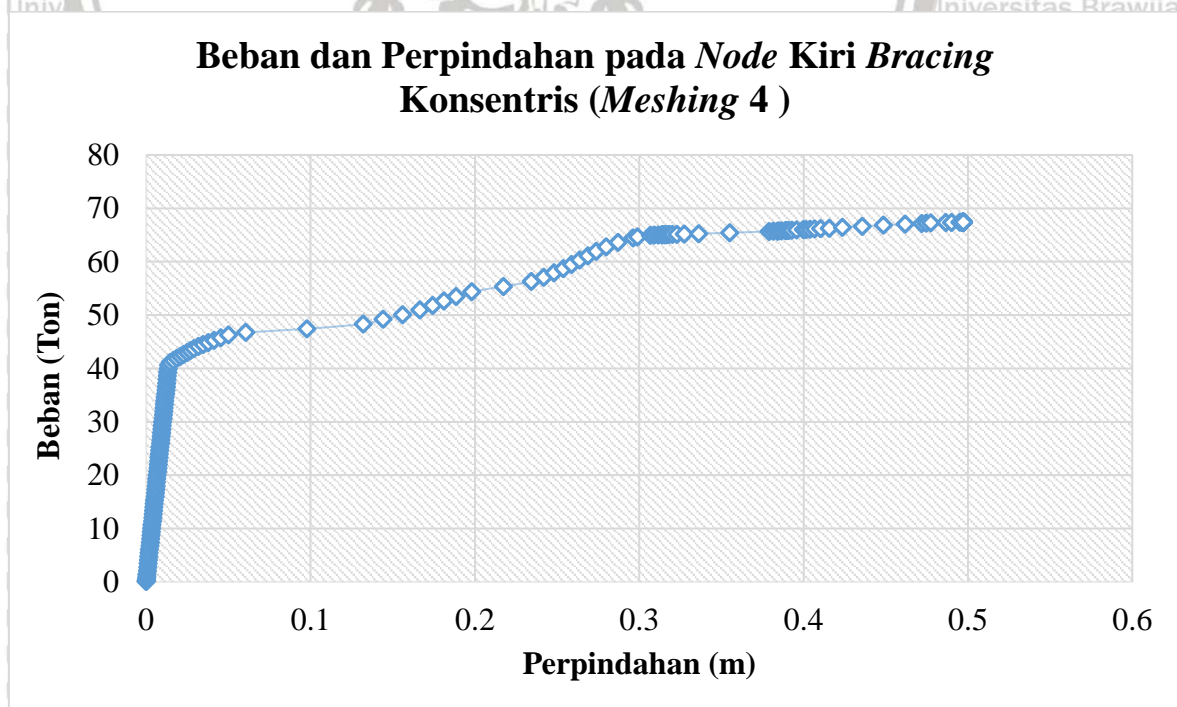
Hasil analisis portal dengan *bracing* diagonal konsentris menunjukkan bahwa nilai perpindahan untuk variasi *meshing* 4 pada node kanan adalah sebesar 0,45754 m dan pada node kiri adalah sebesar 0,49724 m. Perpindahan terbesar terjadi pada node kiri saat gaya reaksi tumpuan kanan sebesar 1,92818 Ton dan saat *step time* sebesar 0,99997. Sehingga, pada penelitian ini perbandingan beban dilakukan terhadap besar perpindahan pada node kiri. Grafik hubungan beban dan perpindahan pada node beban kanan dapat dilihat pada

Gambar 4.6.



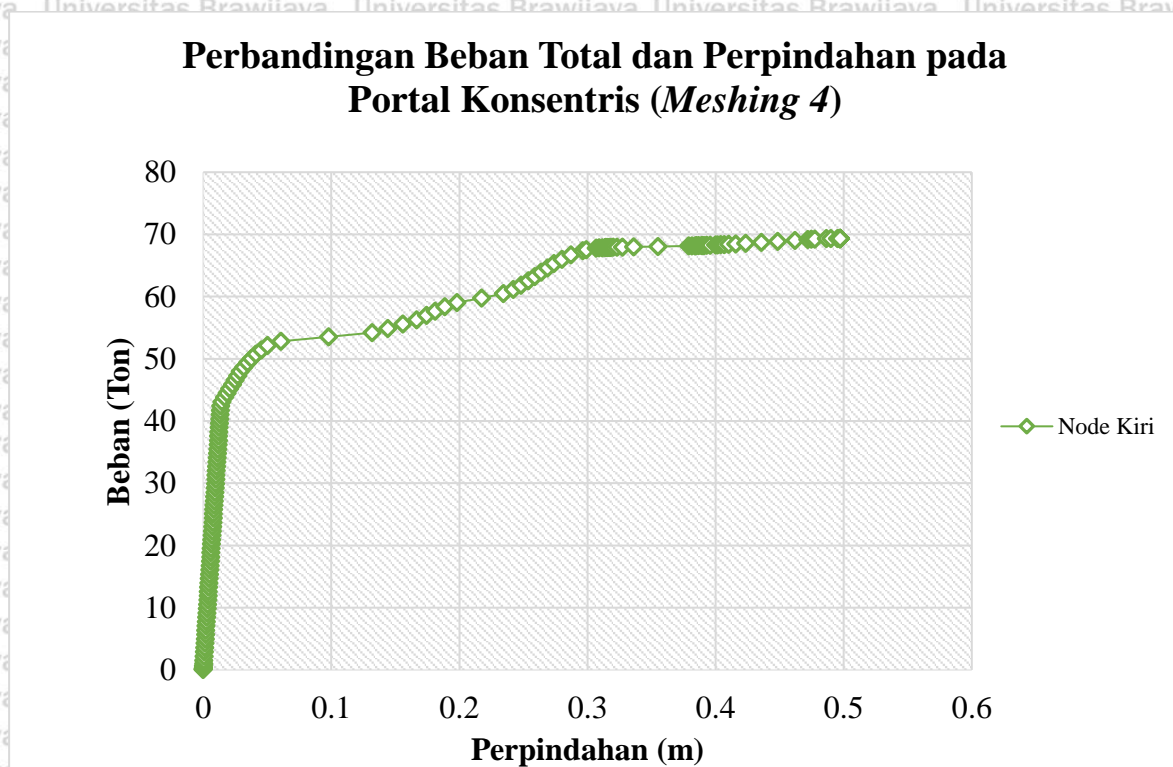
Gambar 4. 6 Grafik Beban dan Perpindahan *Node* Kanan *Bracing* Konsentris (*Meshing* 4)

Selanjutnya, Hasil analisis portal dengan *bracing* diagonal konsentris menunjukkan bahwa nilai perpindahan terbesar pada variasi *meshing* 4 adalah sebesar 0,49724 saat gaya reaksi tumpuan kiri sebesar 67,40985 Ton dan saat *step time* sebesar 0,99997. Grafik hubungan beban dan perpindahan pada *node* beban kiri dapat dilihat pada Gambar 4.7.

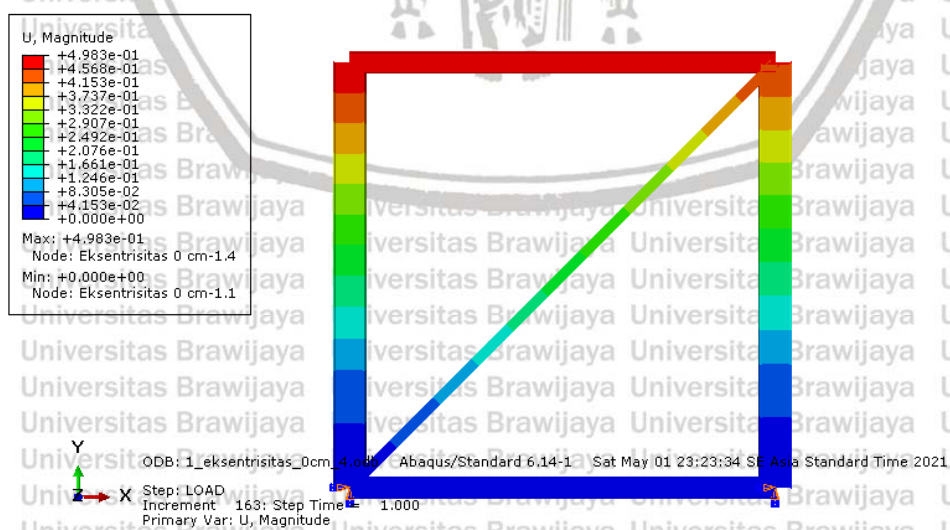


Gambar 4. 7 Grafik Beban dan Perpindahan *Node* Kiri *Bracing* Konsentris (*Meshing* 4)

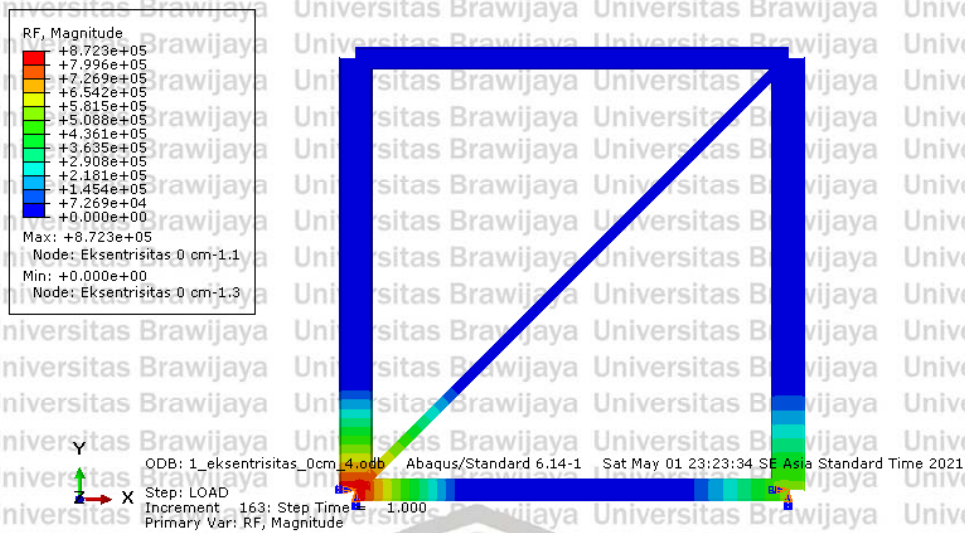
Hasil penjumlahan antara gaya reaksi tumpuan bagian kanan (RF Kanan) dan bagian kiri (RF Kiri) pada portal dengan *bracing* diagonal konsentris untuk variasi *meshing* 4 adalah sebesar 69,33803 ton. Nilai tersebut menunjukkan kapasitas beban yang dapat diterima oleh portal ini. Grafik perbandingan perpindahan dan kapasitas beban pada portal dengan *bracing* diagonal konsentris untuk variasi *meshing* 4 dapat dilihat pada *Gambar 4.8*.



*Gambar 4.8* Grafik Beban Total dan Perpindahan *Bracing* Konsentris (*Meshing* 4)



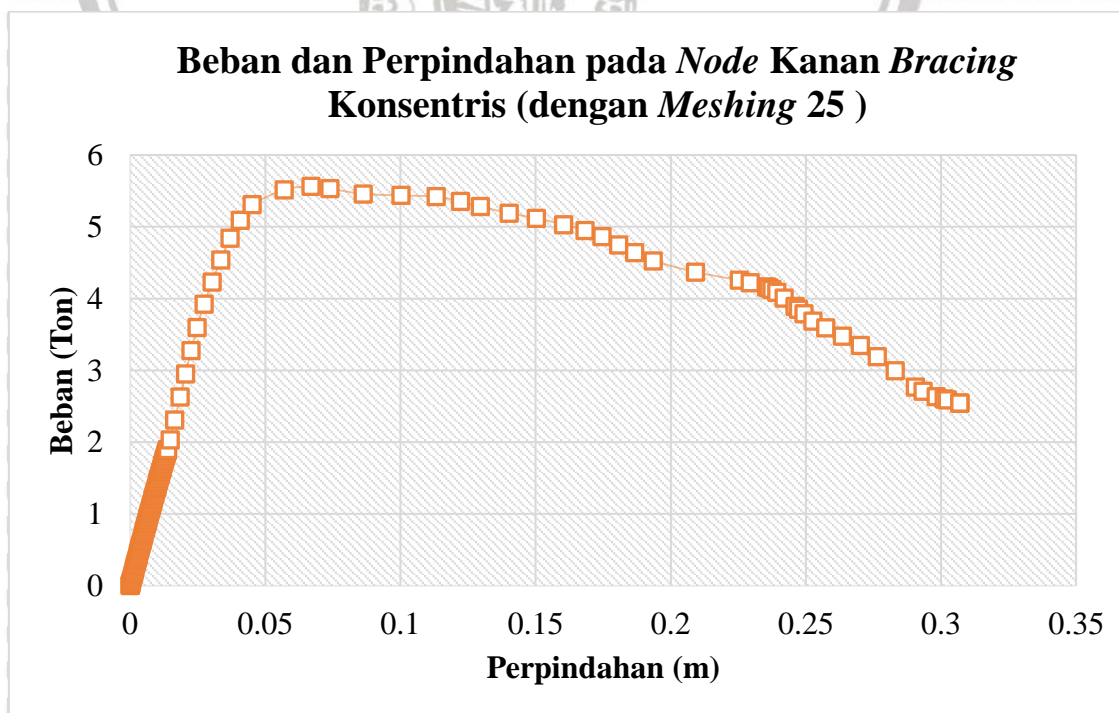
*Gambar 4.9* Output Perpindahan pada Portal *Bracing* Konsentris (*Meshing* 4)



Gambar 4. 10 Output Beban pada Portal Bracing Konsentris (*Meshing 4*)

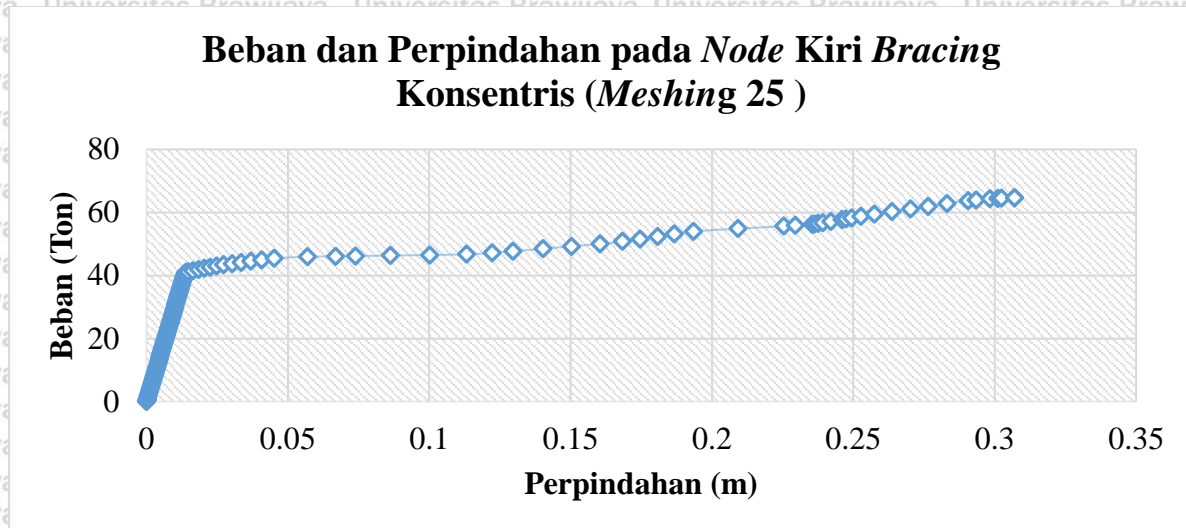
### B. *Meshing 25*

Hasil analisis portal dengan *bracing* diagonal konsentris menunjukkan bahwa nilai perpindahan untuk variasi *meshing* berjumlah 25 pada *node* kanan adalah sebesar 0,28357 m dan pada *node* kiri sebesar 0,30702 m. Perpindahan terbesar terjadi pada *node* kiri saat gaya reaksi tumpuan kanan sebesar 2,54504 Ton dan saat *step time* sebesar 0,96816. Sehingga, pada penelitian ini perbandingan beban dilakukan terhadap besar perpindahan pada *node* kiri. Grafik hubungan beban dan perpindahan pada *node* beban kanan dapat dilihat pada Gambar 4.11.



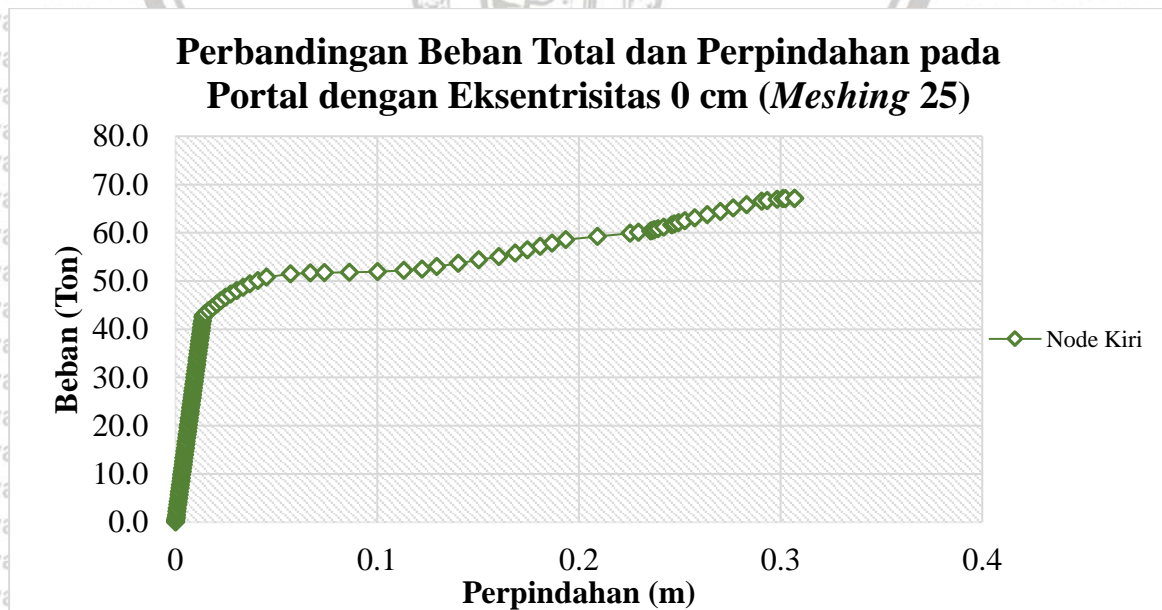
Gambar 4. 11 Grafik Beban dan Perpindahan *Node* Kanan Bracing Konsentris (*Meshing 25*)

Selanjutnya, Hasil analisis portal dengan *bracing* diagonal konsentris menunjukkan bahwa nilai perpindahan terbesar untuk variasi *meshing* 25 adalah sebesar 0,30702 m saat gaya reaksi tumpuan kiri sebesar 64,58737 Ton dan saat *step time* sebesar 0,96816. Grafik hubungan beban dan perpindahan pada *node* beban kiri dapat dilihat pada *Gambar 4.12*.

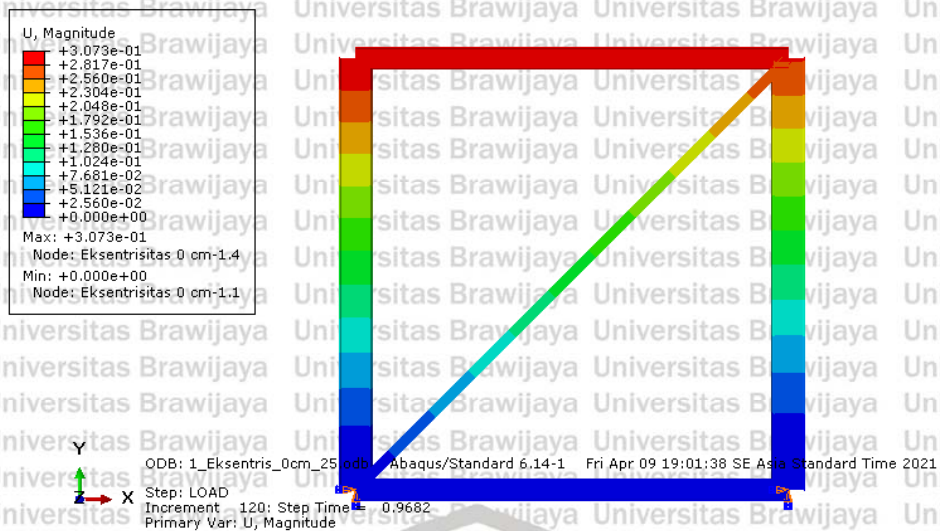


*Gambar 4.12* Grafik Beban dan Perpindahan *Node* Kiri Bracing Konsentris (*Meshing* 25)

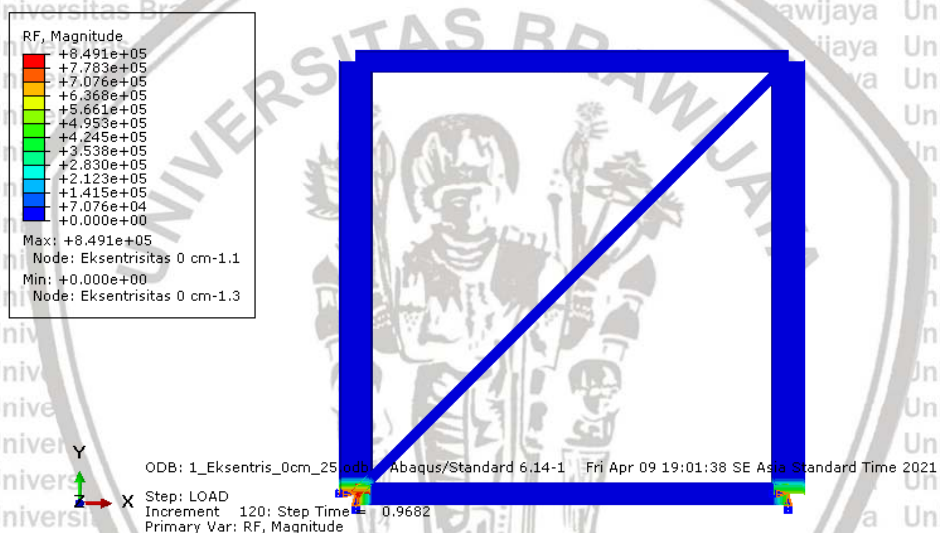
Hasil penjumlahan antara gaya reaksi tumpuan bagian kanan (RF Kanan) dan bagian kiri (RF Kiri) pada portal dengan *bracing* diagonal konsentris untuk variasi *meshing* 25 adalah sebesar 67,13241 Ton. Nilai tersebut menunjukkan kapasitas beban yang dapat diterima oleh portal ini. Grafik perbandingan perpindahan dan kapasitas beban pada portal dengan *bracing* diagonal konsentris untuk variasi *meshing* 25 dapat dilihat pada *Gambar 4.13*.



*Gambar 4.13* Grafik Beban dan Perpindahan Bracing Konsentris (*Meshing* 25)



Gambar 4. 14 Output Perpindahan pada Portal Bracing Konsentris (*Meshing 25*)

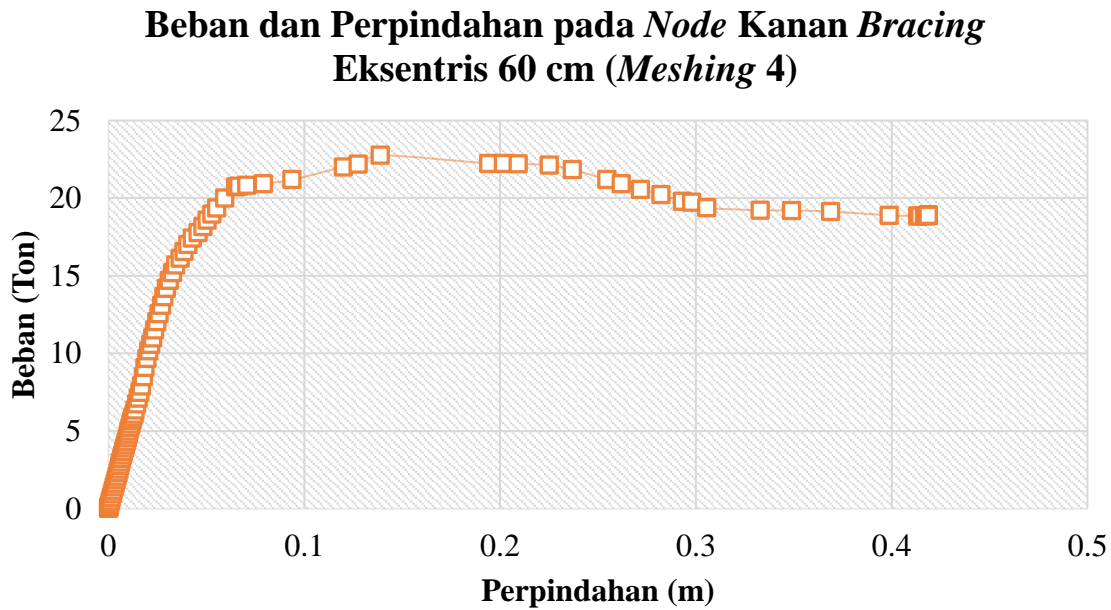


Gambar 4. 15 Output Beban pada Portal Bracing Konsentris (*Meshing 25*)

#### 4.4.2 Portal dengan Bracing Eksentris 60 cm

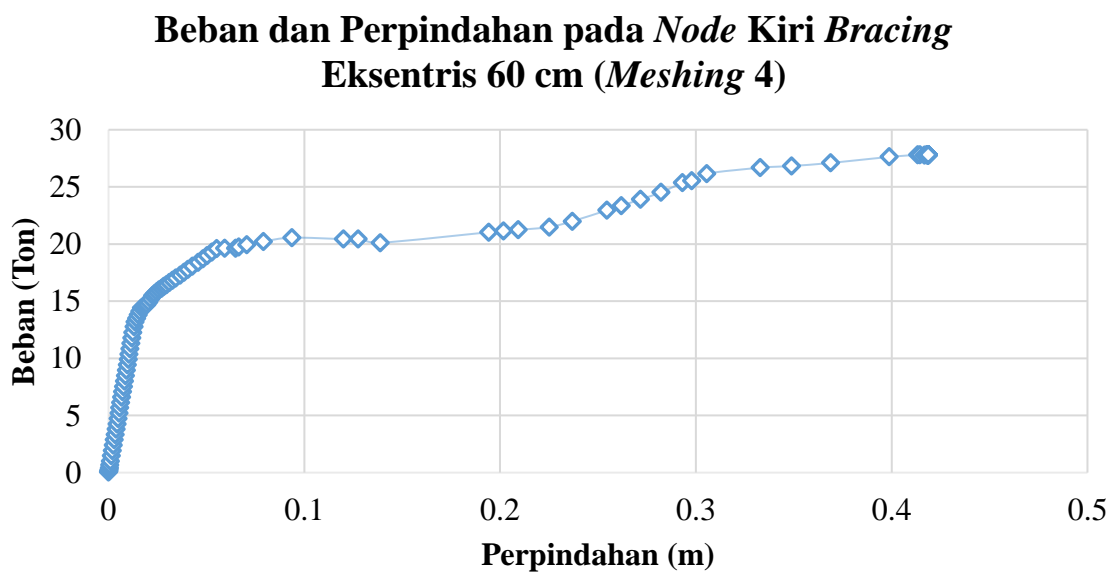
##### A. Meshing 4

Hasil analisis portal dengan *bracing* diagonal Eksentris dua arah 60 cm menunjukkan bahwa nilai perpindahan untuk variasi *meshing 4* pada *node* kanan adalah sebesar 0,33671 m dan pada *node* kiri adalah sebesar 0,41868 m. Perpindahan terbesar terjadi pada *node* kiri saat gaya reaksi tumpuan kanan sebesar 18,88512 Ton dan saat *step time* sebesar 0,67317. Sehingga, pada penelitian ini perbandingan beban dilakukan terhadap besar perpindahan pada *node* kiri. Grafik hubungan beban dan perpindahan pada *node* beban kanan dapat dilihat pada Gambar 4.16.



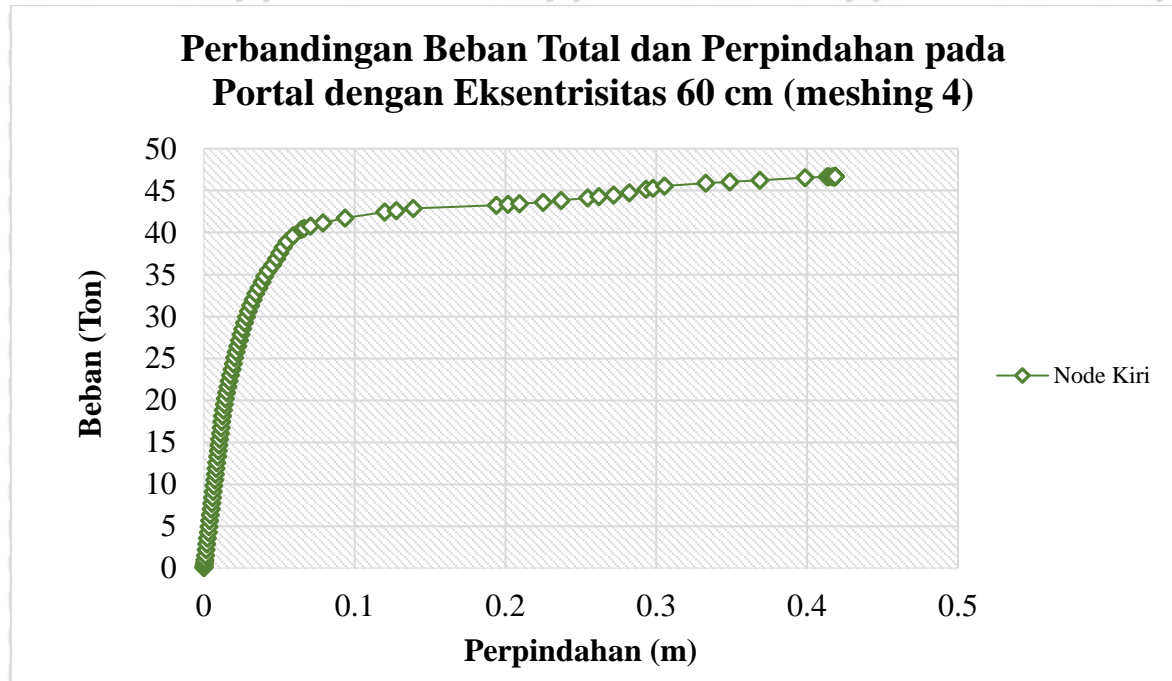
Gambar 4.16 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kanan Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 4)

Selanjutnya, Hasil analisis portal dengan bracing diagonal Eksentris dua arah 60 cm menunjukkan bahwa nilai perpindahan terbesar pada variasi meshing 4 adalah sebesar 0,41868 m saat gaya reaksi tumpuan kiri sebesar 27,7925 Ton dan saat step time sebesar 0,67317. Grafik hubungan beban dan perpindahan pada node beban kiri dapat dilihat pada Gambar 4.17.

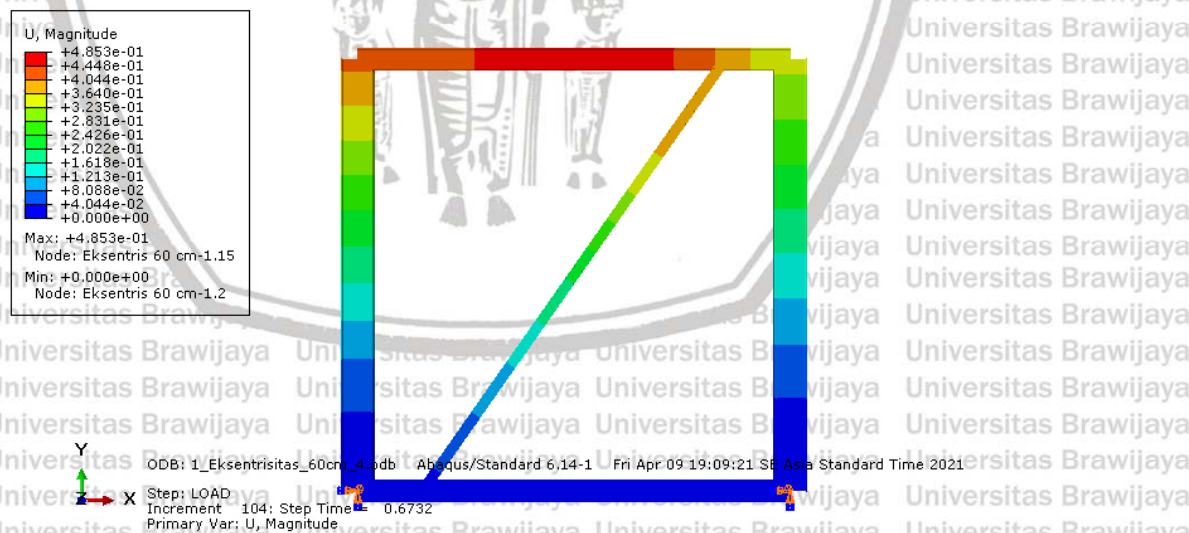


Gambar 4.17 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kiri Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 4)

Hasil penjumlahan antara gaya reaksi tumpuan bagian kanan (RF Kanan) dan bagian kiri (RF Kiri) pada portal dengan *bracing* diagonal Eksentris dua arah 60 cm untuk variasi *meshing* 4 adalah sebesar 46,67762 Ton. Nilai tersebut menunjukkan kapasitas beban yang dapat diterima oleh portal ini. Grafik perbandingan perpindahan dan kapasitas beban pada portal dengan *bracing* diagonal eksentris 60 cm (*meshing* 4) dapat dilihat pada *Gambar 4.18*.

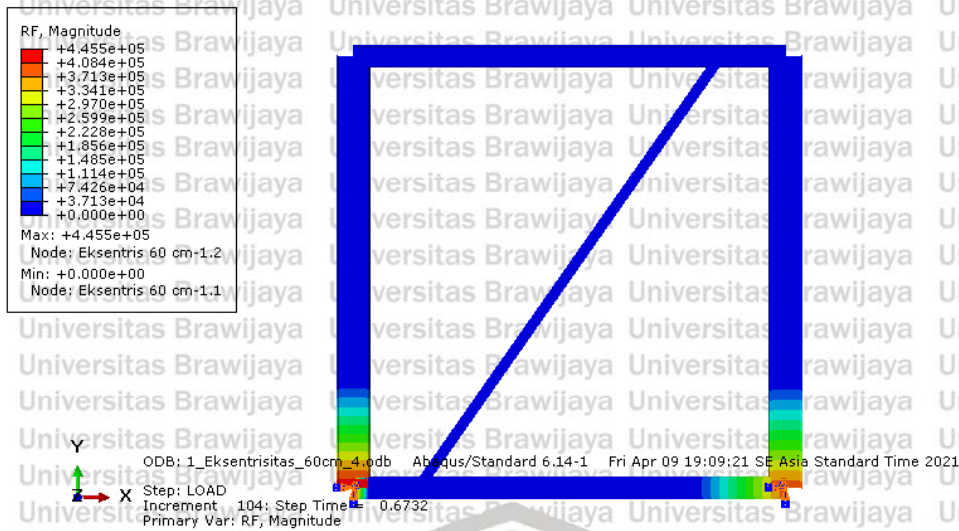


*Gambar 4.18* Grafik Beban dan Perpindahan *Bracing* Eksentris 60 cm (*Meshing* 4)



*Gambar 4.19* Output Perpindahan pada Portal *Bracing* Eksentris 60 cm (*Meshing* 4)

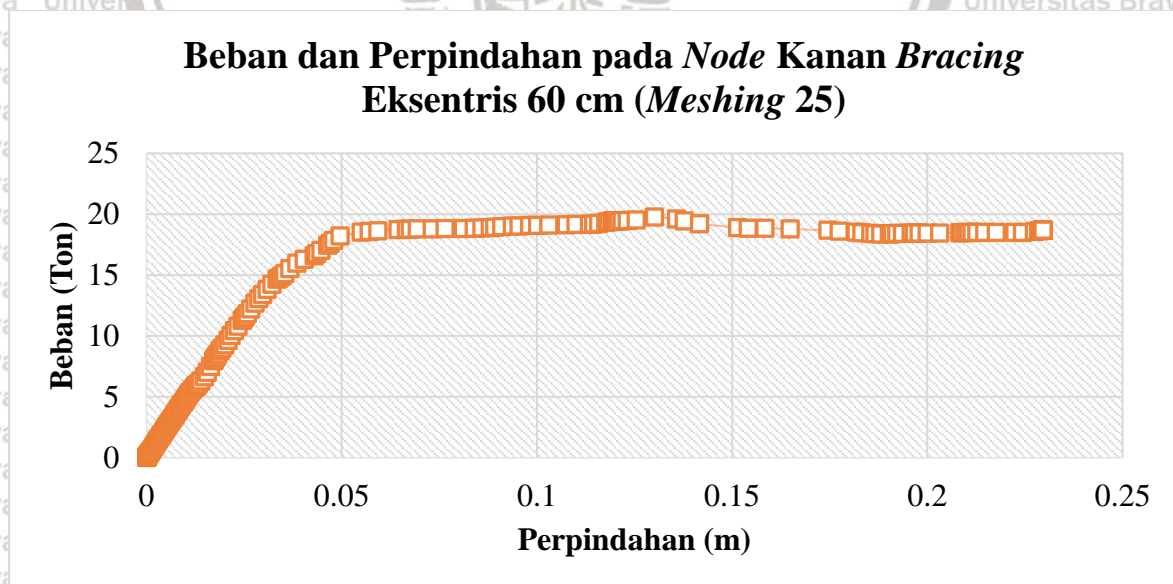




Gambar 4. 20 Output Beban pada Portal Bracing Eksentris 60 cm (*Meshing 4*)

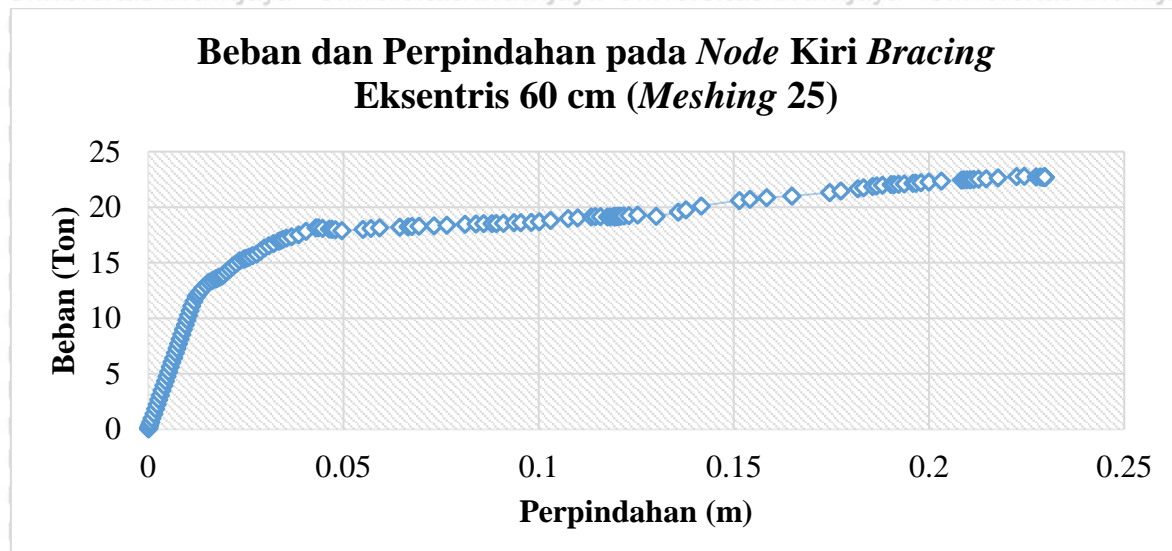
### B. *Meshing 25*

Hasil analisis portal dengan *bracing* diagonal Eksentris dua arah 60 cm menunjukkan bahwa nilai perpindahan untuk variasi *meshing 25* pada *node* kanan adalah sebesar 0,18919 m dan pada *node* kiri adalah sebesar 0,22968 m. Perpindahan terbesar terjadi pada *node* kiri saat gaya reaksi tumpuan kanan sebesar 18,68545 Ton dan saat *step time* sebesar 0,59667. Sehingga, pada penelitian ini perbandingan beban dilakukan terhadap besar perpindahan pada *node* kiri. Grafik hubungan beban dan perpindahan pada *node* beban kanan dapat dilihat pada Gambar 4.21.



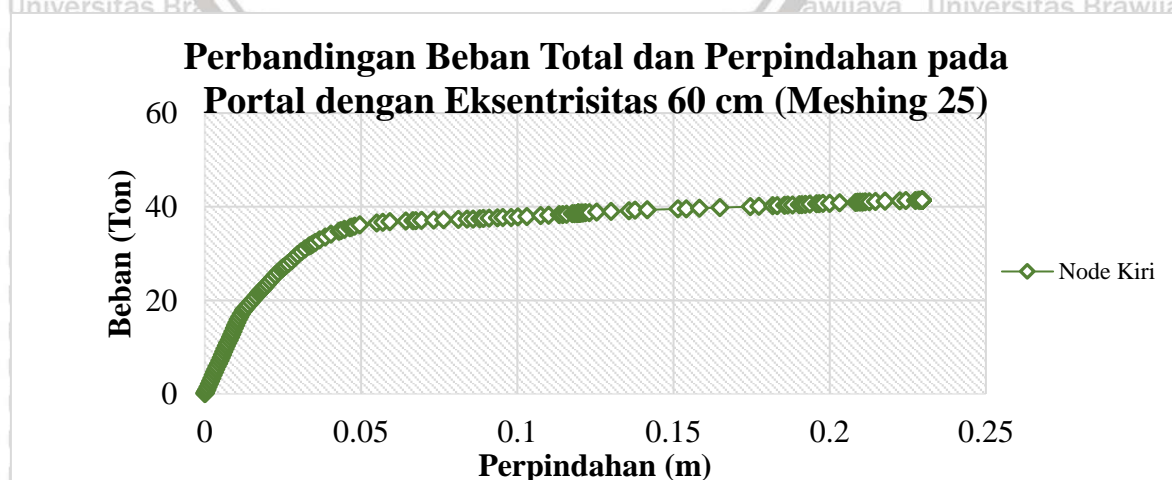
Gambar 4. 21 Grafik Beban dan Perpindahan *Node* Kanan *Bracing* Eksentris 60 cm (*Meshing 25*)

Selanjutnya, Hasil analisis portal dengan *bracing* diagonal Eksentris dua arah 60 cm menunjukkan bahwa nilai perpindahan terbesar pada variasi *meshing* 25 adalah sebesar 0,22968 m saat gaya reaksi tumpuan kiri sebesar 22,68792 Ton dan saat *step time* sebesar 0,59667. Grafik hubungan beban dan perpindahan pada *node* beban kiri dapat dilihat pada Gambar 4.22.

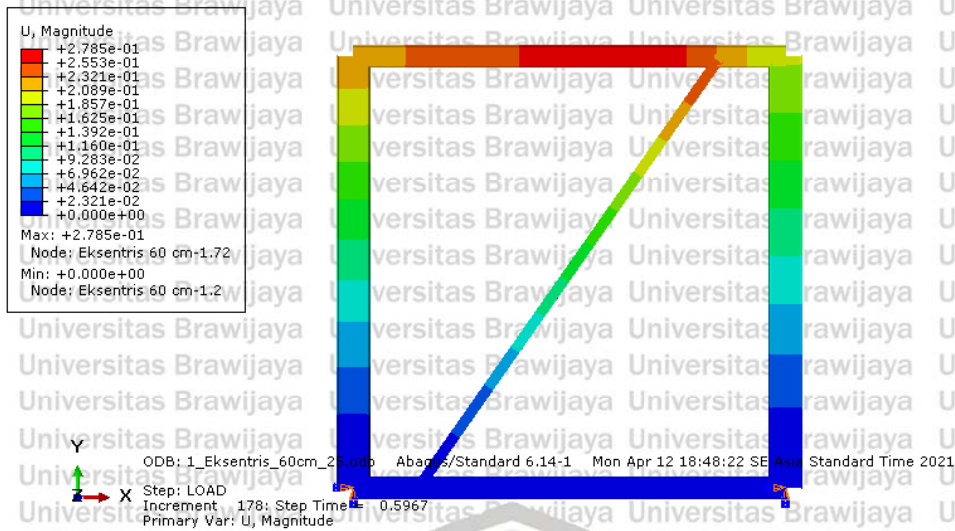


Gambar 4. 22 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kiri Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 25)

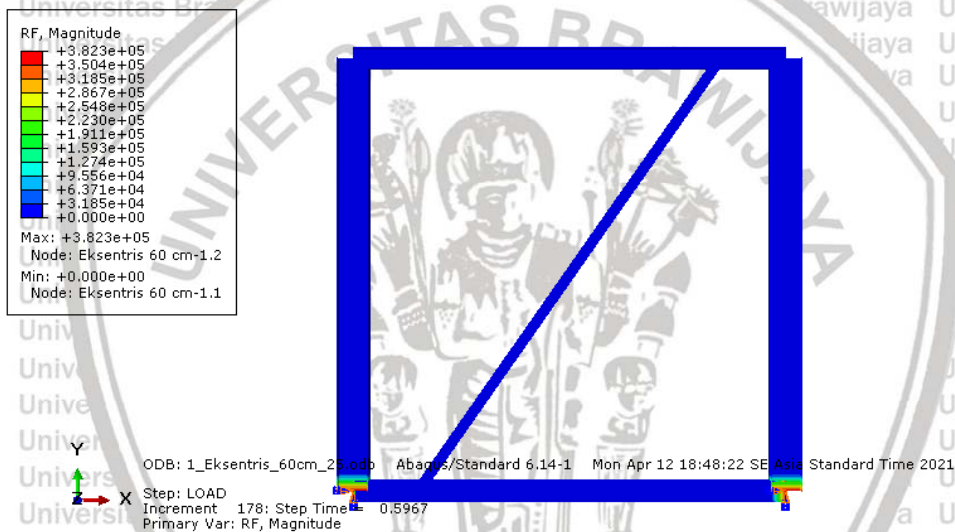
Hasil penjumlahan antara gaya reaksi tumpuan bagian kanan (RF Kanan) dan bagian kiri (RF Kiri) pada portal dengan *bracing* diagonal Eksentris dua arah 60 cm untuk variasi *meshing* 25 adalah sebesar 41,37337 Ton. Nilai tersebut menunjukkan kapasitas beban yang dapat diterima oleh portal ini. Grafik perbandingan perpindahan dan kapasitas beban pada portal dengan *bracing* diagonal eksentris dua arah 60 cm (*meshing* 25) dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4. 23 Grafik Beban dan Perpindahan Bracing Eksentris 60 cm (Meshing 25)



Gambar 4. 24 Output Perpindahan pada Portal *Bracing* Eksentris 60 cm (*Meshing* 25)

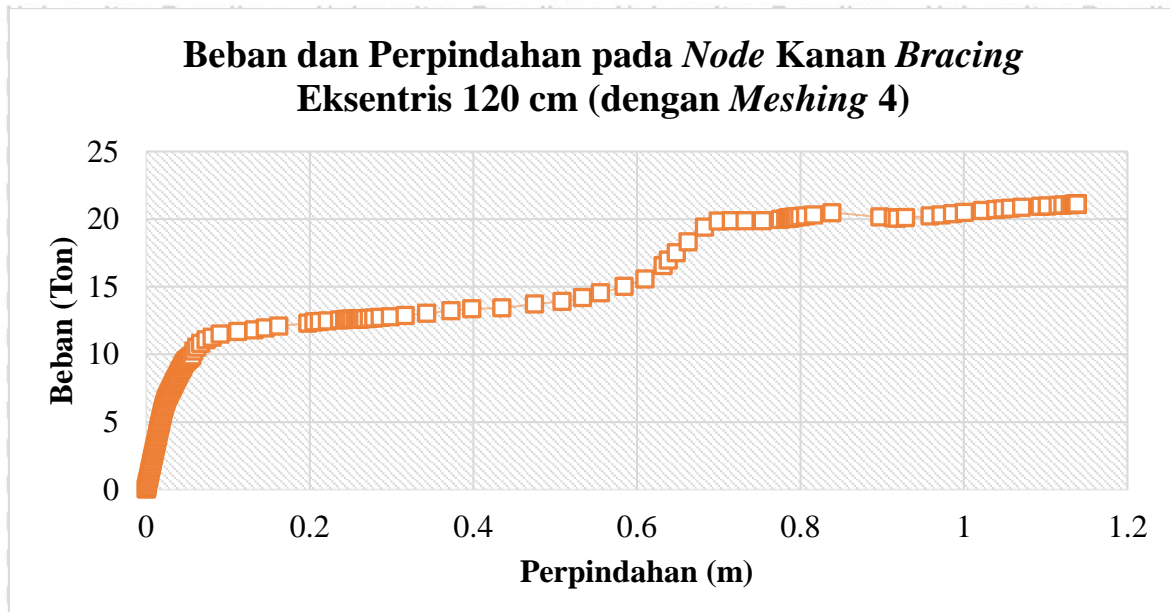


Gambar 4. 25 Output Beban pada Portal *Bracing* Eksentris 60 cm (*Meshing* 25)

#### 4.4.3 Portal dengan *Bracing* Eksentris 120 cm

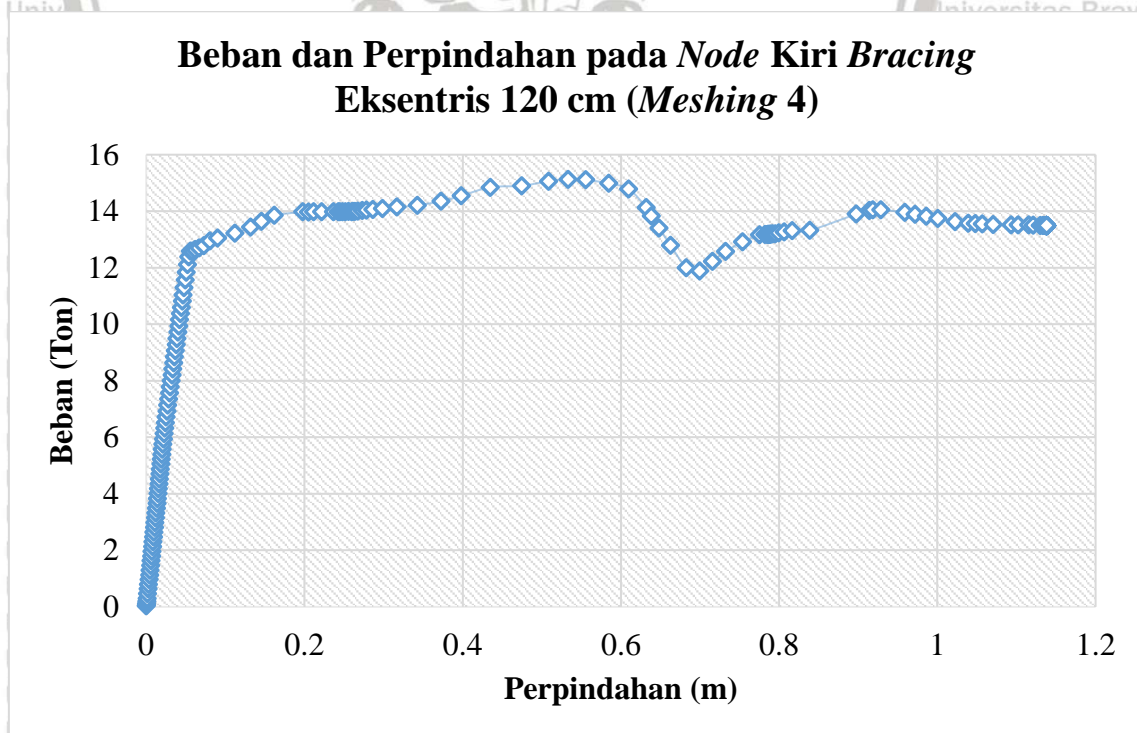
##### A. *Meshing* 4

Hasil analisis portal dengan *bracing* diagonal Eksentris dua arah 120 cm menunjukkan bahwa nilai perpindahan untuk variasi *meshing* 4 pada *node* kanan adalah sebesar 0,90274 m dan pada *node* kiri adalah sebesar 1,13828 m. Perpindahan terbesar terjadi pada *node* kiri saat gaya reaksi tumpuan kanan sebesar 21,10646 Ton dan saat *step time* sebesar 0,49891. Sehingga, pada penelitian ini perbandingan beban dilakukan terhadap besar perpindahan pada *node* kiri. Grafik hubungan beban dan perpindahan pada *node* beban kanan dapat dilihat pada Gambar 4.26.



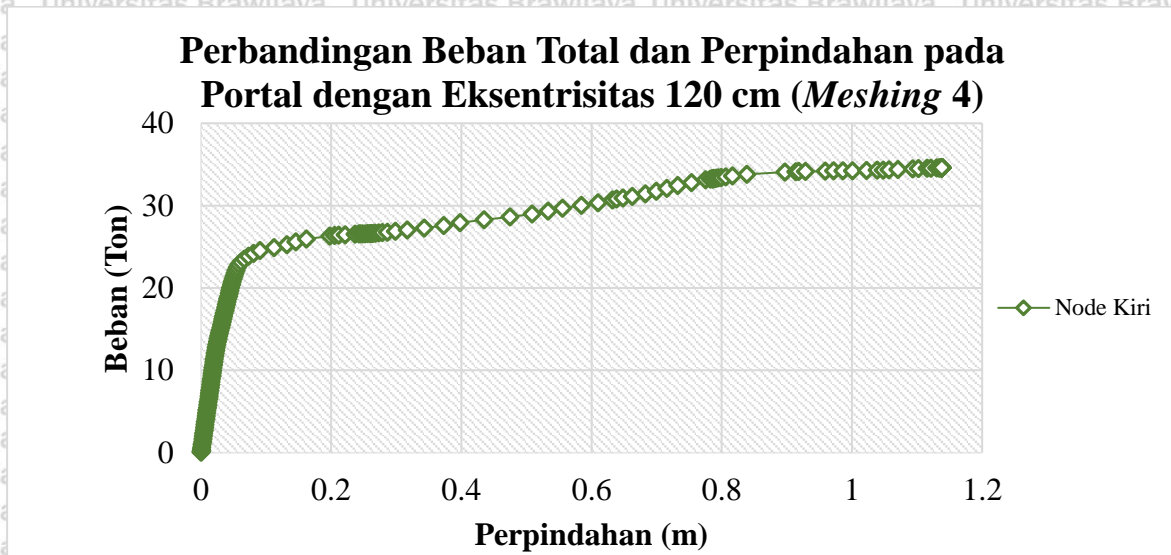
Gambar 4. 26 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kanan Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 4)

Selanjutnya, Hasil analisis portal dengan bracing diagonal Eksentris dua arah 120 cm menunjukkan bahwa nilai perpindahan terbesar pada variasi meshing 4 adalah sebesar 1,13828 m saat gaya reaksi tumpuan kiri sebesar 13,48814 Ton dan saat step time sebesar 0,49891. Grafik hubungan beban dan perpindahan pada bagian kiri dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4. 27 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kiri Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 4)

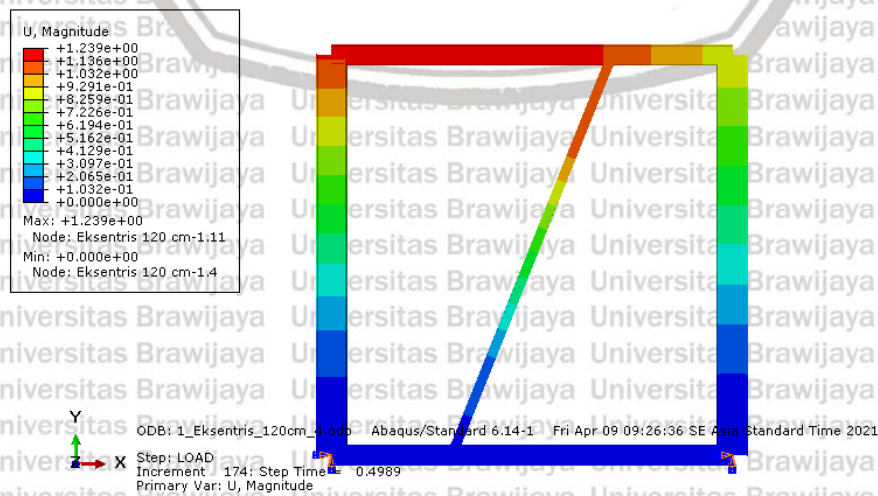
Hasil penjumlahan antara gaya reaksi tumpuan bagian kanan (RF Kanan) dan bagian kiri (RF Kiri) pada portal dengan *bracing* diagonal Eksentris dua arah 120 cm untuk variasi *meshing* 4 adalah sebesar 34,5946 ton. Nilai tersebut menunjukkan kapasitas beban yang dapat diterima oleh portal ini. Grafik perbandingan perpindahan dan kapasitas beban pada portal dengan *bracing* diagonal Eksentris dua arah 120 cm dapat dilihat pada *Gambar 4.28*.



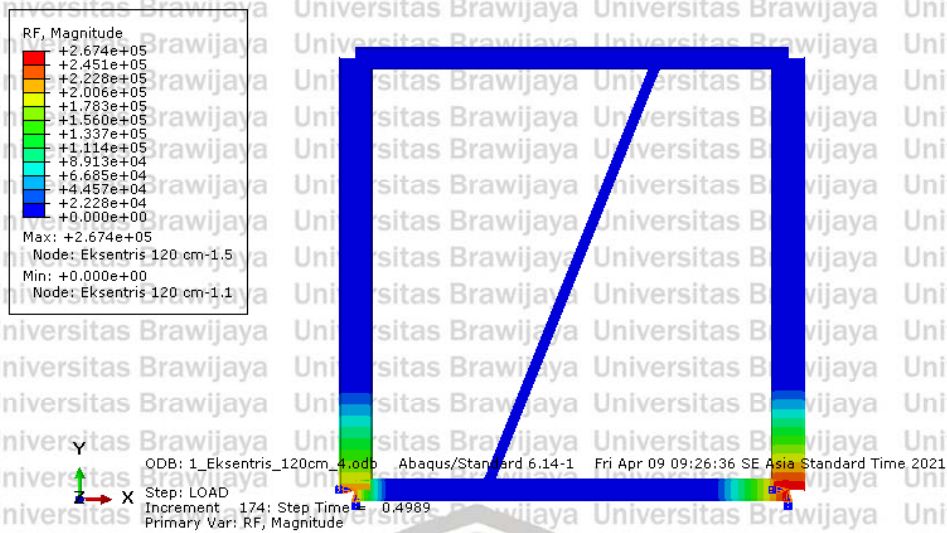
*Gambar 4. 28* Grafik Beban dan Perpindahan *Bracing* Eksentris 120 cm (*Meshing* 4)

Dengan ukuran pemodelan portal yang hanya 4 x 4 m, perpindahan pada portal dengan *bracing* eksentris 120 sebesar 1,13828 m dinilai sangat besar. Hal ini dapat terjadi karena pemodelan dilakukan dengan *load control* sehingga batasan-batasan perpindahan seperti besar perpindahan maksimum untuk menjamin kenyamanan struktur tidak diberikan.

Proses iterasi pada *software* juga terus dilakukan hingga pemodelan portal mengalami keruntuhan.



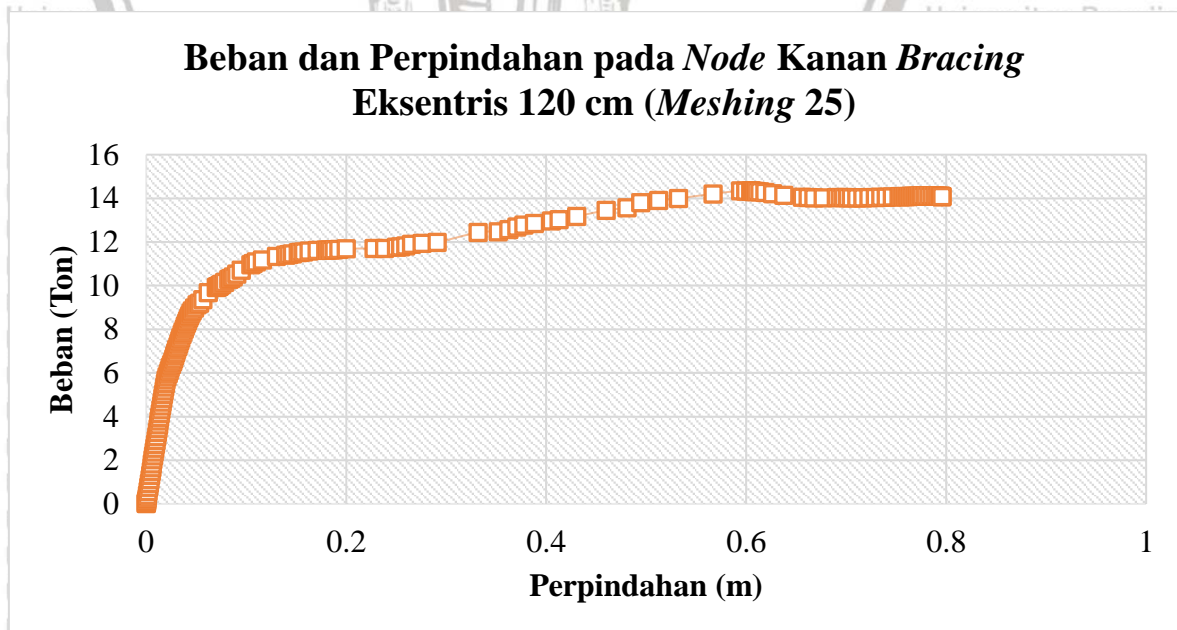
*Gambar 4. 29* Output Perpindahan pada Portal *Bracing* Eksentris 120 cm (*Meshing* 4)



Gambar 4. 30 Output Beban pada Portal Bracing Eksentris 120 cm (*Meshing* 4)

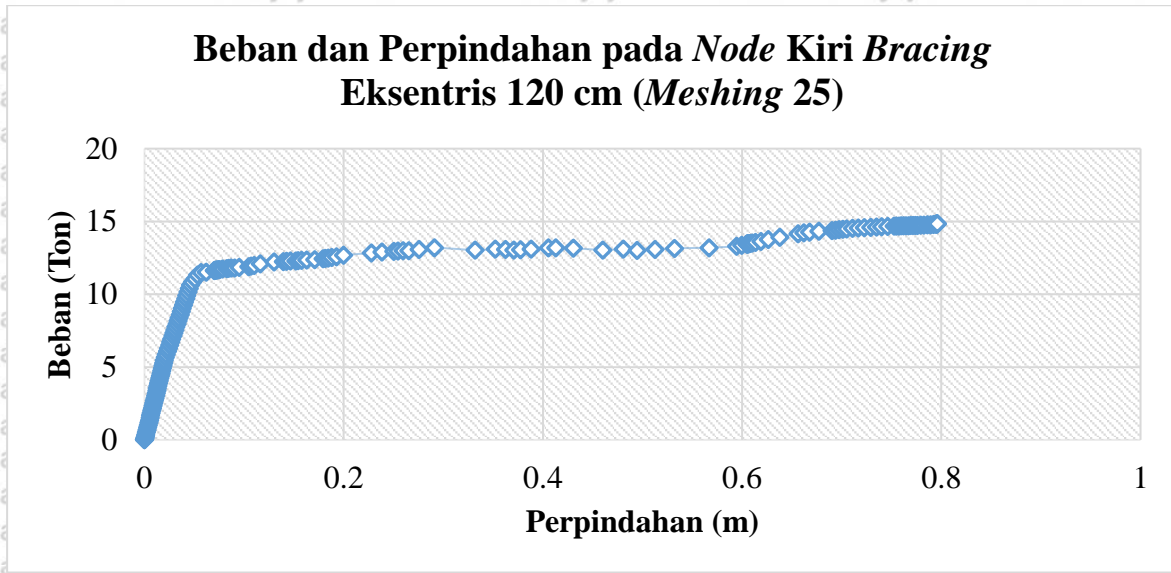
### B. *Meshing* 25

Hasil analisis portal dengan *bracing* diagonal Eksentris dua arah 120 cm menunjukkan bahwa nilai perpindahan untuk variasi *meshing* 25 pada *node* kanan adalah sebesar 0,670629 m dan pada *node* kiri sebesar 0,796 m. Perpindahan terbesar terjadi pada *node* kiri saat gaya reaksi tumpuan kanan sebesar 14,08508 Ton dan saat *step time* sebesar 0,41711. Sehingga, pada penelitian ini perbandingan beban dilakukan terhadap besar perpindahan pada *node* kiri. Grafik hubungan beban dan perpindahan pada bagian kanan dapat dilihat pada Gambar 4.31.



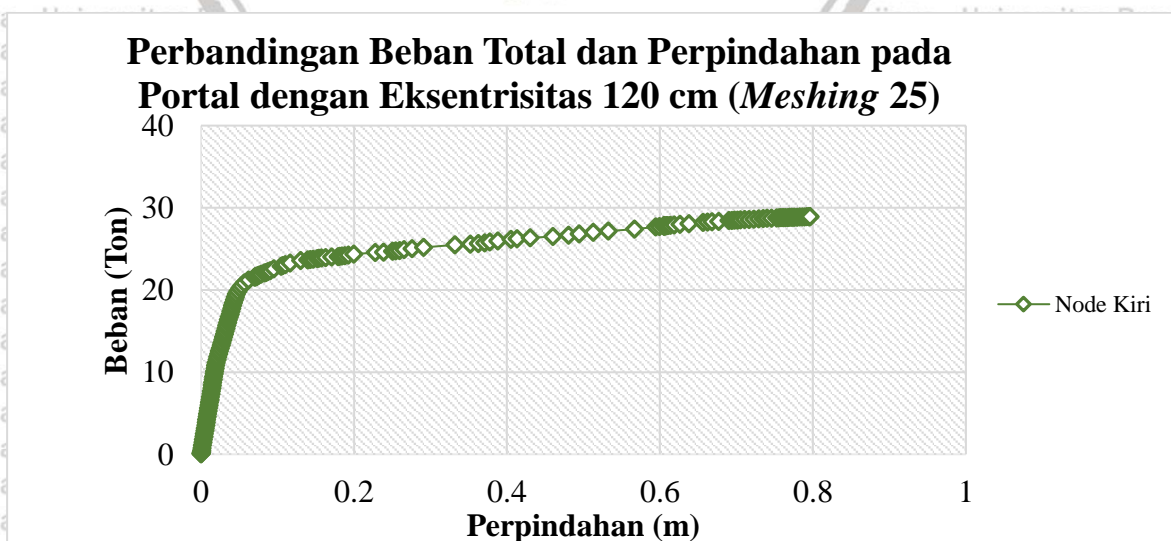
Gambar 4. 31 Grafik Beban dan Perpindahan *Node* Kanan Bracing Eksentris 120 cm (*Meshing* 25)

Selanjutnya, Hasil analisis portal dengan *bracing* diagonal Eksentris dua arah 120 cm menunjukkan bahwa nilai perpindahan terbesar pada variasi *meshing* 25 adalah sebesar 0,796 m saat gaya reaksi tumpuan kiri sebesar 14,83747 Ton dan saat *step time* sebesar 0,41711. Grafik hubungan beban dan perpindahan pada bagian kiri dapat dilihat pada Gambar 4.32.

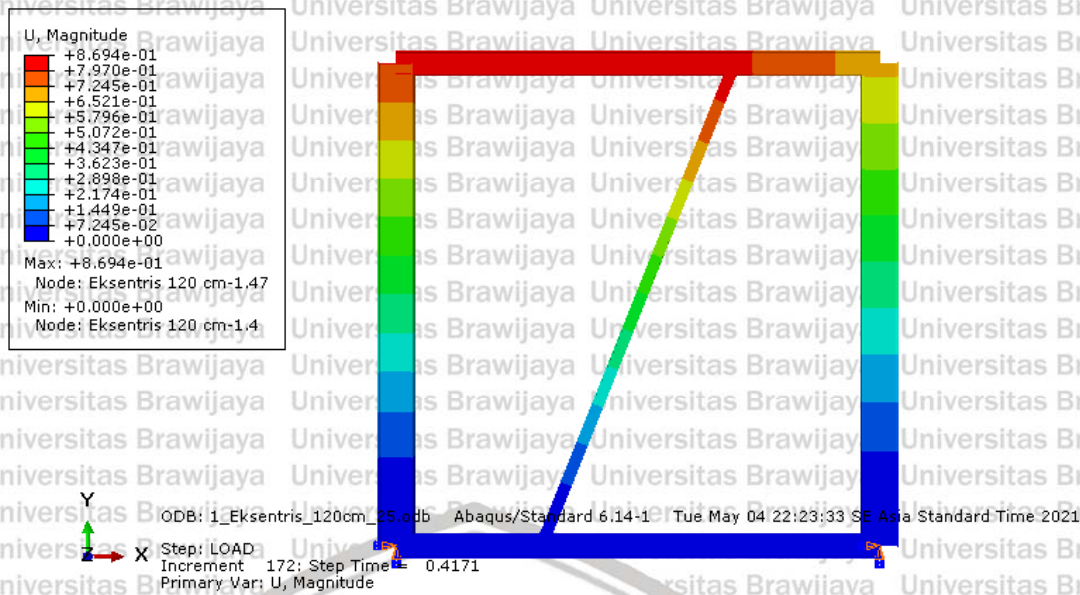


Gambar 4. 32 Grafik Beban dan Perpindahan Node Kiri Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 25)

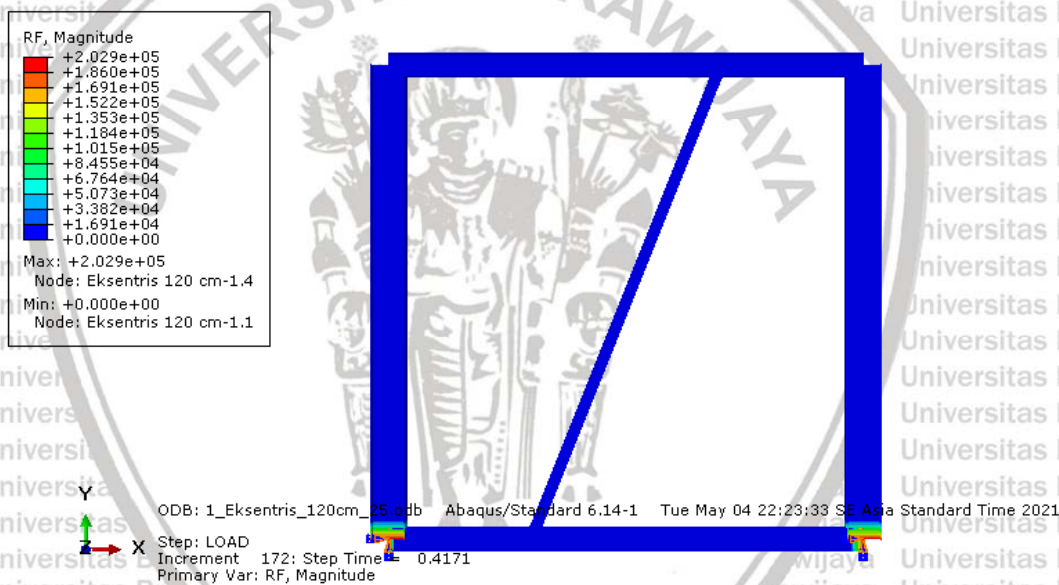
Hasil penjumlahan antara gaya reaksi tumpuan bagian kanan (RF Kanan) dan bagian kiri (RF Kiri) pada portal dengan *bracing* diagonal eksentris dua arah 120 cm untuk variasi *meshing* 25 adalah sebesar 28,92255 ton. Nilai tersebut menunjukkan kapasitas beban yang dapat diterima oleh portal ini. Grafik perbandingan perpindahan dan kapasitas beban pada portal dengan *bracing* diagonal eksentris dua arah 120 cm dapat dilihat pada Gambar 4.33.



Gambar 4. 33 Grafik Beban dan Perpindahan Eksentris 120 cm (Meshing 25)



Gambar 4. 34 Output Perpindahan pada Portal Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 25)



Gambar 4. 35 Output Beban pada Portal Bracing Eksentris 120 cm (Meshing 25)

#### 4.5 Perbandingan Meshing 4 dan Meshing 25 pada Tiap Pemodelan Portal

Pemberian variasi *meshing* terhadap pemodelan struktur memberikan perbedaan ketelitian hasil analisis. *Meshing* pada ABAQUS membagi tiap komponen menjadi beberapa elemen sesuai dengan yang jumlah digunakan pengguna. Semakin banyak jumlah *meshing* yang digunakan, semakin *detail* atau terperinci data yang dihasilkan. Rangkuman data hasil analisis untuk *meshing* dengan jumlah 4 dan 25 pada tiap pemodelan ditampilkan dalam Tabel 4.4.

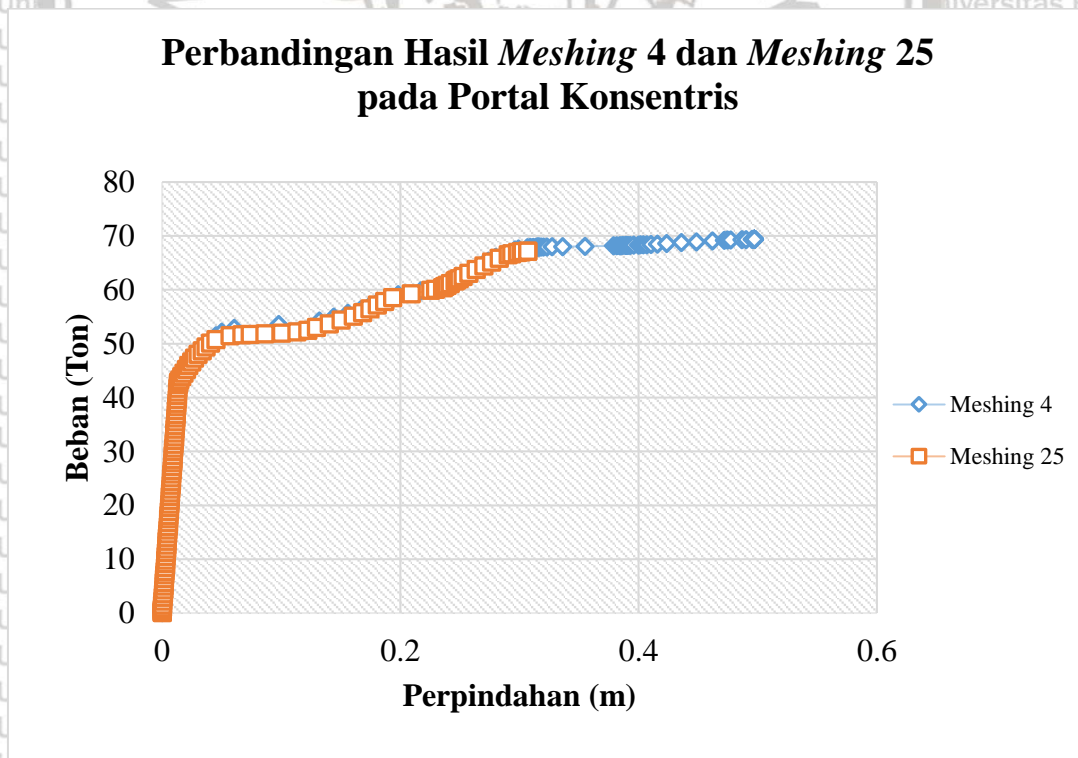


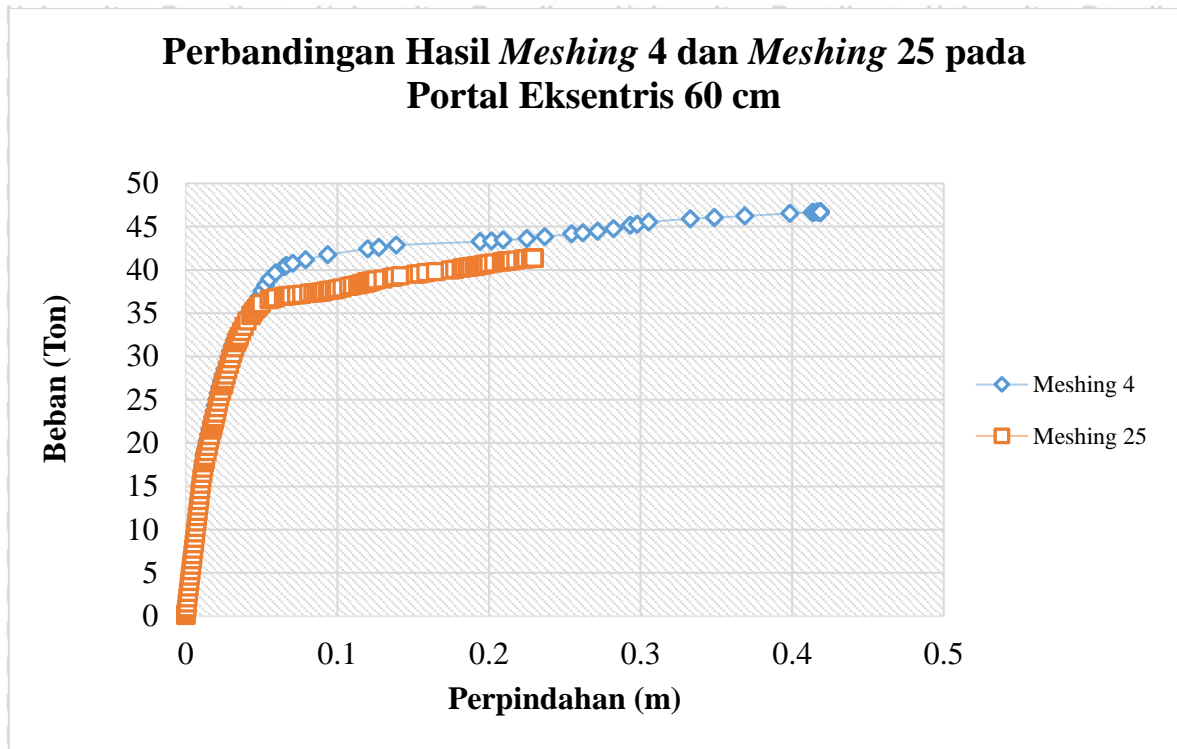
Tabel 4. 4 Rincian Data Hasil Analisis *Meshing* dengan Jumlah 4 dan 25 pada Tiap Model

Bentuk Geometri	<i>Meshing</i>	<i>Step Time</i>	<i>Reaction Force/RF</i> (Ton)	Perpindahan (m) Node Kiri
Portal	4	0,9999717	69,33803301	0,49724
	25	0,9681582	67,13241055	0,30702
Konsentris	4	0,6731702	46,67762344	0,41868
	25	0,5966738	41,37336563	0,22968
Eksentris 60	4	0,4989126	34,59459844	1,13828
	25	0,417112	28,92255156	0,79600

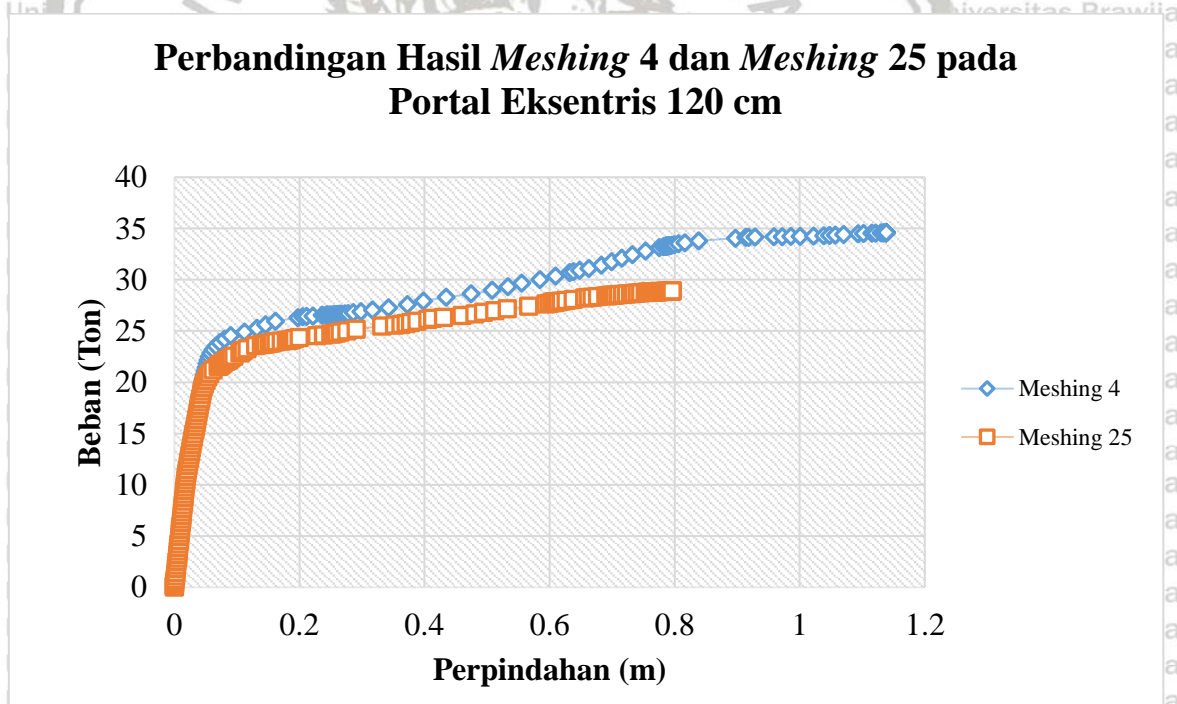
Data yang dihasilkan dari pemodelan menggunakan *meshing* 25 lebih akurat terhadap keadaan sebenarnya. Dengan membagi tiap komponen menjadi beberapa elemen, *software* dapat memprediksi hasil yang lebih mendekati perilaku struktur yang sebenarnya.

Perbandingan hasil beban dan perpindahan dari *meshing* 4 dan *meshing* 25 dapat dilihat pada Gambar 4.36, Gambar 4.37 dan Gambar 4.38.

Gambar 4. 36 Perbandingan Hasil *Meshing* 4 dan *Meshing* 25 pada Portal Konsentris

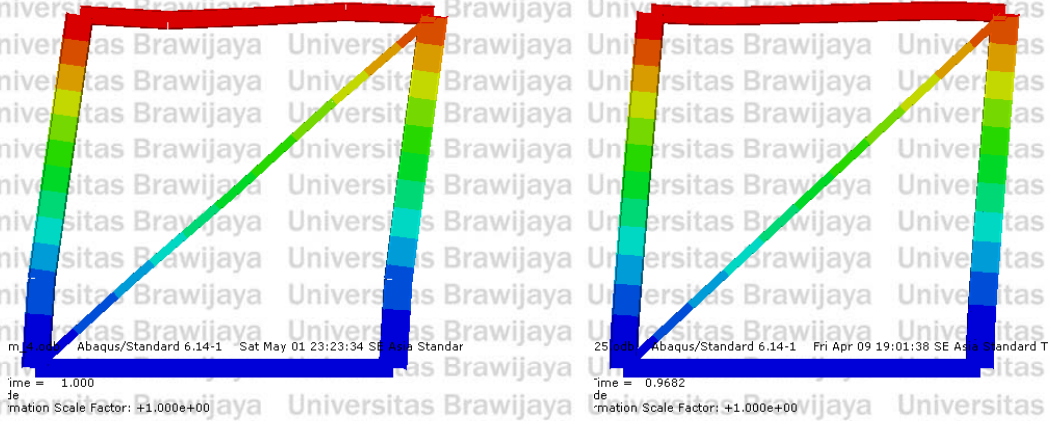


Gambar 4. 37 Perbandingan Hasil Meshing 4 dan Meshing 25 pada Portal Eksentris 60 cm



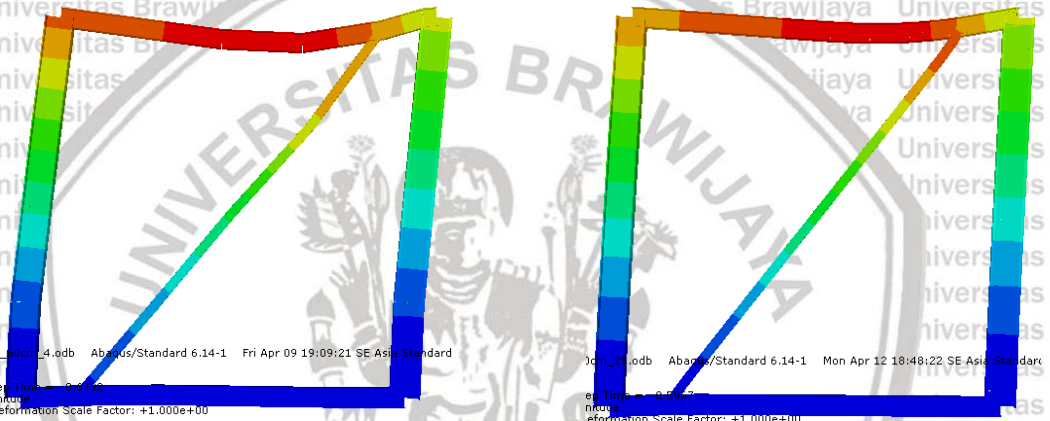
Gambar 4. 38 Perbandingan Hasil Meshing 4 dan Meshing 25 pada Portal Eksentris 120 cm

Perbedaan hasil *meshing* 4 dan *meshing* 25 juga ditunjukkan dari ilustrasi perpindahan yang terjadi pada tiap portal. Gambar 4.39, Gambar 4.40 dan Gambar 4.41 menunjukkan bahwa hasil ilustrasi perpindahan yang dihasilkan dari *meshing* 4 dan *meshing* 25.



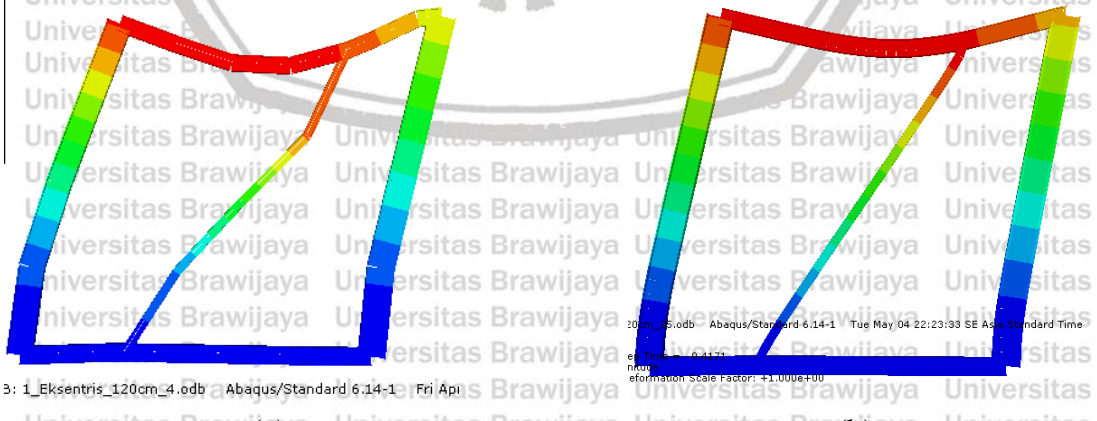
(a) Meshing 4; (b) Meshing 25

Gambar 4. 39 Perbandingan Ilustrasi Perpindahan Portal Konsentris



(a) Meshing 4; (b) Meshing 25

Gambar 4. 40 Perbandingan Ilustrasi Perpindahan Portal Eksentris 60 cm



(a) Meshing 4; (b) Meshing 25

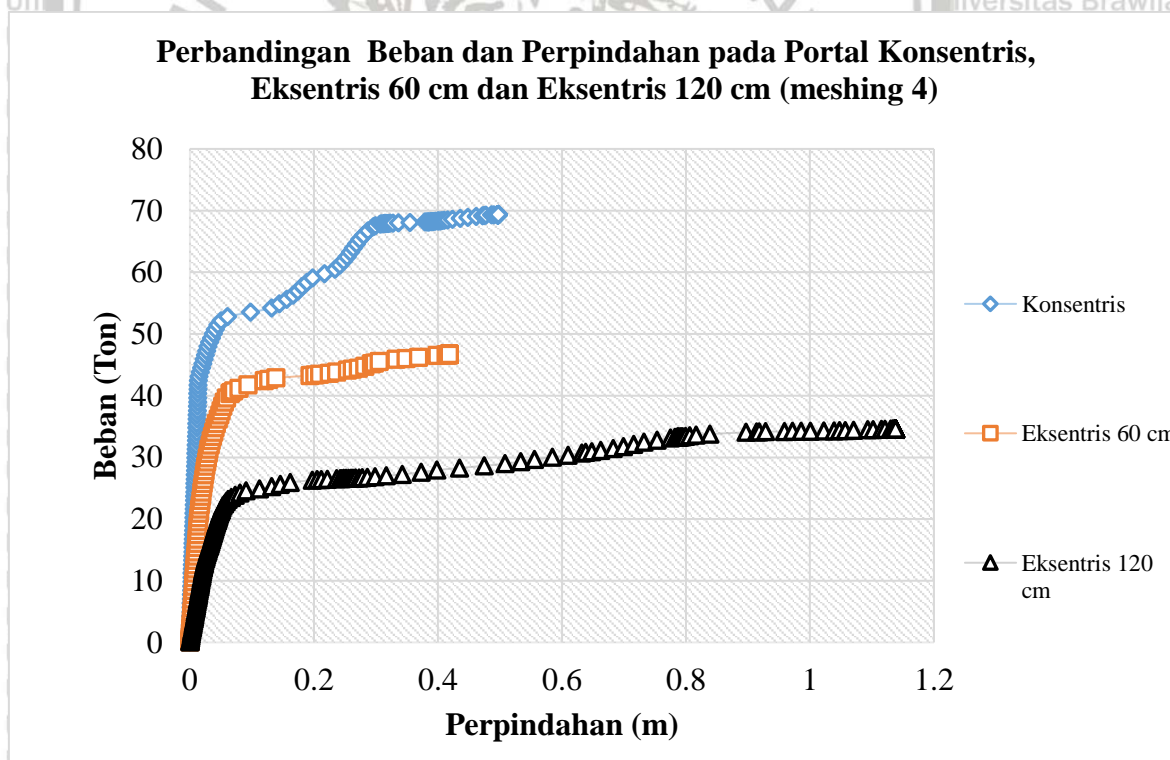
Gambar 4. 41 Perbandingan Ilustrasi Perpindahan Portal Eksentris 120 cm



#### 4.6 Perbandingan Hasil Analisis Portal dengan *Bracing* Konsentris, Eksentris 60 cm, dan Eksentris 120 cm

Nilai perpindahan pada *node* kiri setiap bentuk geometri struktur memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan perpindahan pada *node* kanan. Hal tersebut dapat terjadi akibat penempatan beban yang berada pada *node* kiri. Bentuk geometris portal juga berpengaruh terhadap perbedaan nilai perpindahan yang terjadi.

*Link beam* pada struktur *eccentrically braced frame* (EBF) menurunkan tingkat kekakuan struktur sehingga menimbulkan perbedaan nilai perpindahan antara *node* kiri atas dan *node* kanan atas portal. Atas dasar tersebut, perpindahan yang terjadi pada *node* kiri digunakan dalam membandingkan perilaku perpindahan portal dengan *bracing* diagonal eksentris dua arah. Selain itu untuk kesamaan perlakuan pada penelitian ini, perbandingan antara tiap geometri portal dilakukan menggunakan data yang dihasilkan dari variasi *meshing* yang sama yaitu *meshing* 4. Perbandingan nilai beban total dan perpindahan ditunjukkan dalam *Gambar 4.42*.



*Gambar 4. 42* Perbandingan Beban dan Perpindahan pada Portal Konsentris, Eksentris 60 cm dan Eksentris 120 cm (*Meshing* 4)

*Gambar 4.42* merupakan grafik perbandingan hasil analisis portal *bracing* diagonal konsentris, portal *bracing* diagonal eksentris dua arah 60 cm dan 120 cm dengan variasi *meshing* sebesar 4. Dapat dilihat bahwa kapasitas beban yang dapat dipikul portal dengan *bracing* konsentris paling besar dibandingkan dengan model lainnya. Namun untuk perpindahan paling besar terjadi pada portal dengan *bracing* Eksentris 120 cm.

Portal dengan *bracing* konsentris dinilai sebagai portal yang kuat karena dapat menahan beban lebih tinggi dibandingkan dengan model portal yang lain. Sedangkan kapasitas beban yang dapat dipikul portal dengan *bracing* eksentris 120 cm justru paling rendah dibandingkan model portal yang lain. Namun, hal tersebut juga tidak menjadikan portal dengan *bracing* eksentris 120 cm sebagai portal yang buruk.

Untuk bangunan tahan gempa, aspek yang diperhitungkan pada perencanaan tidak hanya terpaut kapasitas beban yang dapat dipikul suatu bangunan saja. Tingkat daktilitas juga merupakan aspek penting dalam perencanaan bangunan tersebut. Bila dilihat dari besarnya perpindahan yang terjadi pada portal dengan *bracing* eksentris 120 cm, portal tersebut memiliki tingkat daktilitas yang lebih tinggi daripada yang lain sehingga portal ini masih dapat dijadikan pilihan untuk perencanaan bangunan tahan gempa.

Perpindahan yang terjadi pada struktur portal dapat menjadi indikator runtuhnya bangunan terutama pada daerah yang terkena gempa. pengguna bangunan dapat melarikan diri terlebih dahulu saat bangunan sudah menunjukkan tanda-tanda keruntuhan tersebut. lain halnya dengan bangunan yang memiliki tingkat daktilitas yang rendah. Tanda-tanda keruntuhan tidak dapat terlihat sehingga dapat membahayakan pengguna bangunan yang berada di dalamnya.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil analisis penelitian yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

1. Besar eksentrisitas *bracing* berpengaruh terhadap besar perpindahan yang terjadi pada struktur portal. Semakin besar jarak eksentrisitas, perpindahan yang terjadi akan semakin besar. Perpindahan terbesar terjadi pada portal dengan *bracing* eksentris 120 cm. Kemudian nilai perpindahan terkecil terjadi pada portal dengan *bracing* eksentris 60 cm.
2. Besar eksentrisitas *bracing* berpengaruh terhadap besar beban yang dapat diterima portal (RF total portal saat runtuh). Semakin besar jarak eksentrisitas *bracing*, semakin kecil beban yang dapat diterima portal. Nilai RF total terkecil dihasilkan pada portal dengan *bracing* eksentris 120 dan nilai RF total terbesar dihasilkan pada portal dengan *bracing* konsentris. Dengan melihat nilai RF total yang terjadi dan nilai perpindahan yang disampaikan pada poin 1 diatas, dapat disimpulkan bahwa portal konsentris merupakan portal terkuat karena kapasitas beban yang dapat diterima paling besar dengan nilai perpindahan yang kecil. Namun, bila melihat besarnya perpindahan yang terjadi, portal dengan *bracing* eksentris 120 cm memiliki tingkat daktilitas yang lebih tinggi daripada portal yang lain sehingga model portal tersebut juga masih bisa dipertimbangkan untuk digunakan sebagai struktur bangunan tahan gempa.

### 5.2 Saran

Setelah menyelesaikan penelitian ini, penulis memiliki beberapa saran yaitu sebagai berikut:

1. Penggunaan jumlah *meshing* yang lebih banyak pada penelitian selanjutnya sehingga nilai yang dihasilkan lebih akurat
2. Perlu adanya batasan perpindahan agar perilaku portal lebih sesuai dengan perpindahan aktual



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR PUSTAKA

- Agrapana, A. 2020. Pengaruh Eksentrisitas Satu Sisi Bracing Diagonal pada Struktur Portal Akibat Beban Siklik terhadap Hubungan Tegangan - Regangan Struktur. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Arifin, J., Purwanto, H., & Syafa'at, I. 2017. Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Smaw Baja Astm A36. *Momentum*. 13(1):27-31.
- Bruneau, M., Uang, C., & Sabelli, R. 2011. *Ductile Design of Steel Structures Second Edition*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Duggal, S. K. 2013. *Earthquake-Resistant Design of Structures, Second Edition*. Oxford: Oxford University Press.
- Faridmehr, I., Osman, M. H., Adnan, A. B., Nejad, A. F., Hodjati, R., Azimi, M. 2014. Correlation between Engineering Stress-Strain and True Stress-Strain Curve. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2(1):53-59.
- Fitriyah, D. K. 2017. Analisa Konfigurasi Mooring Sistem pada Submerged Floating Tunnel (SFT). *Tesis*. Tidak dipublikasikan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Gere, J. M. & Timoshenko, S.P. 1996. *Mekanika Bahan Jilid 1 Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Gioncu, V. & Mazzolani, F. M. 2014. *Seismic Design of Steel Structures*. Boca Raton: CRC Press.
- Kumaat, E. J. & Windah, R. S. 2019. Pengaruh Bracing pada Bangunan Bertingkat Rangka Baja yang Berdiri di Atas Tanah Miring Terhadap Gempa. *Jurnal Sipil Statik*. 7(6): 1-10.
- Moestopo, M. 20120 Kajian Eksperimental Peningkatan Kinerja Link Geser pada Sistem Rangka Baja Berpengaku Eksentrik. *Jurnal Teknik Sipil ITB*. 19(2):99-102.
- Mukhlisin, H., Ismediyanto, & Djauhari, Z. 2016. Kekuatan dan Lentutan Elastis Kolom Semi Pracetak Akibat Beban Aksial Eksentrik. *Jom FTEKNIK*. 3(2):1-12.



Nageim, H. A. 2017. *Steel structures: practical design studies, Fourth Edition*. Boca Raton: CRC Press.

Rafael, J. W. M. & Suswanto, B. 2017. Studi Perilaku Link Pendek, Link Menengah dan Link Panjang pada Struktur Baja Sistem EBF. *ITS JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING*. 32(1):25-31.

Sandhi, R. D., Wibowo, A., & Agoes, S. M. D. 20. Kajian Analisis Pushover untuk Performance Based Design pada Gedung Fakultas Ilmu Sosial dan Politik (Fisip) Universitas Brawijaya.

Sathia, K. 2014. *Principles of Structural Analysis-Static and Dynamic Loads*. Exton: Bentley Institute Press.

Setiawan, A. 2013. *Struktur Baja dengan Metode LRFD, Edisi kedua*. Jakarta: Erlangga.

Setiyowati, N. A, Suswanto, B., & Soewardoyo, R. 2012. Studi Perbandingan Perilaku Profil Baja WF dan HSS Sebagai Bresing pada SCBF Akibat Beban Lateral dengan Program Bantu Finite Element Analysis. *JURNAL TEKNIK ITS*. 1(1):1-6.

Tanjung, R., Mulyadi, D., Arifudin, O., & Rusmana, F. D. 2020. *Manajemen Mitigasi Bencana*. Bandung: Widina Bhakti Persada Bandung.

Taranath, B. S. 2012. *Structural Analysis and Design of Tall Buildings Steel and Composite Construction*. Boca Raton: CRC Press

Taranath, B. S., 2017. *Tall building design: steel, concrete, and composite systems*. Boca Raton: CRC Press.

Yurisman, Budiono, B., Moestopo, M., & Suarjana, M. 2010. Behavior of Shear Link of WF Section with Diagonal Web Stiffener of Eccentrically Braced Frame (EBF) of Steel Structure. *ITB J. Eng. Sci.* 42(2):103-128.

Zain, A. M. 2018. Desain Kinerja Struktur dengan Menggunakan Analisis Pushover pada Bangunan Gedung di Kota Palu. *Siimo Engineering*. 2(1):9-16.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil analisis Beban dan Perpindahan pada Portal dengan *Bracing* Konsentris

1. Meshing 4

No	STEP TIME	REACTION FORCE			DISPLACEMENT	
		Kiri	Kanan	Resultan (ABS)	Kiri	Kanan
1	0.001	-661.508	-31.8921	693.3999863	2.216E-05	1.866E-05
2	0.002	-1323.02	-63.7787	1386.800022	4.432E-05	3.732E-05
3	0.0035	-2315.3	-111.598	2426.90004	7.756E-05	6.531E-05
4	0.00575	-3803.75	-183.304	3987.049942	0.0001274	0.0001073
5	0.00912	-6036.47	-290.809	6327.274841	0.0002022	0.0001703
6	0.01419	-9385.67	-451.948	9837.612854	0.0003144	0.0002648
7	0.02178	-14409.7	-693.387	15103.11945	0.0004827	0.0004065
8	0.03178	-21026.3	-1010.84	22037.12079	0.0007044	0.0005931
9	0.04178	-27643.4	-1327.72	28971.12036	0.000926	0.0007798
10	0.05178	-34261.1	-1644.04	35905.12195	0.0011477	0.0009665
11	0.06178	-40879.3	-1959.8	42839.11951	0.0013694	0.0011532
12	0.07178	-47498.1	-2274.98	49773.12085	0.0015911	0.0013399
13	0.08178	-54117.5	-2589.58	56707.11987	0.0018128	0.0015266
14	0.09178	-60737.5	-2903.62	63641.11865	0.0020345	0.0017133
15	0.10178	-67358	-3217.08	70575.1228	0.0022563	0.0019
16	0.11178	-73979.2	-3529.95	77509.1189	0.002478	0.0020868
17	0.12178	-80600.9	-3842.25	84443.12061	0.0026998	0.0022736
18	0.13178	-87223.1	-4153.97	91377.11865	0.0029216	0.0024604
19	0.14178	-93846	-4465.1	98311.11865	0.0031434	0.0026471
20	0.15178	-100469	-4775.65	105245.1191	0.0033652	0.002834
21	0.16178	-107094	-5085.61	112179.1187	0.0035871	0.0030208
22	0.17178	-113718	-5394.98	119113.123	0.0038089	0.0032076
23	0.18178	-120343	-5703.76	126047.123	0.0040308	0.0033945
24	0.19178	-126969	-6011.95	132981.1172	0.0042527	0.0035814
25	0.20178	-133596	-6319.55	139915.1123	0.0044746	0.0037682
26	0.21178	-140223	-6626.55	146849.1138	0.0046965	0.0039551
27	0.22178	-146850	-6932.96	153783.1133	0.0049184	0.0041421
28	0.23178	-153478	-7238.77	160717.1245	0.0051404	0.004329
29	0.24178	-160107	-7543.97	167651.1152	0.0053624	0.0045159
30	0.25178	-166737	-7848.58	174585.1152	0.0055843	0.0047029
31	0.26178	-173367	-8152.59	181519.123	0.0058063	0.0048899
32	0.27178	-179997	-8456	188453.1221	0.0060284	0.0050769
33	0.28178	-186628	-8758.8	195387.127	0.0062504	0.0052639
34	0.29178	-193260	-9061	202321.1201	0.0064724	0.0054509
35	0.30178	-199893	-9362.59	209255.1172	0.0066945	0.0056379
36	0.31178	-206526	-9663.57	216189.1152	0.0069166	0.005825

37	0.32178	-213159	-9963.94	223123.1152	0.0071387	0.006012
38	0.33178	-219793	-10263.7	230057.1152	0.0073608	0.0061991
39	0.34178	-226428	-10562.9	236991.1133	0.0075829	0.0063862
40	0.35178	-233064	-10861.4	243925.125	0.0078051	0.0065733
41	0.36178	-239700	-11159.3	250859.1182	0.0080273	0.0067605
42	0.37178	-246336	-11456.7	257793.1221	0.0082494	0.0069476
43	0.38178	-252974	-11753.4	264727.1211	0.0084716	0.0071348
44	0.39178	-259612	-12049.4	271661.1143	0.0086939	0.0073219
45	0.40178	-266250	-12344.9	278595.1318	0.0089161	0.0075091
46	0.41178	-272889	-12639.8	285529.1094	0.0091383	0.0076963
47	0.42178	-279529	-12934	292463.126	0.0093606	0.0078836
48	0.43178	-286170	-13227.6	299397.1162	0.0095829	0.0080708
49	0.44178	-292811	-13520.6	306331.1113	0.0098052	0.0082581
50	0.45178	-299452	-13813	313265.1113	0.0100275	0.0084453
51	0.46178	-306094	-14104.7	320199.1143	0.0102499	0.0086326
52	0.47178	-312737	-14395.9	327133.1201	0.0104722	0.0088199
53	0.48178	-319381	-14686.4	334067.127	0.0106946	0.0090072
54	0.49178	-326025	-14976.3	341001.1035	0.010917	0.0091946
55	0.50178	-332670	-15265.5	347935.1123	0.0111394	0.0093819
56	0.51178	-339315	-15554.2	354869.1201	0.0113618	0.0095693
57	0.52178	-345961	-15842.2	361803.126	0.0115843	0.0097567
58	0.53178	-352608	-16129.5	368737.1299	0.0118067	0.0099441
59	0.54178	-359255	-16416.3	375671.1309	0.0120292	0.0101315
60	0.55178	-365903	-16702.4	382605.1289	0.0122517	0.0103189
61	0.56178	-372551	-16987.9	389539.123	0.0124742	0.0105064
62	0.57178	-379200	-17272.8	396473.1113	0.0126968	0.0106938
63	0.58178	-385850	-17557	403407.125	0.0129193	0.0108813
64	0.59178	-392501	-17840.6	410341.1328	0.0131419	0.0110688
65	0.60178	-399142	-18133.3	417275.2227	0.0133725	0.0112644
66	0.61178	-405727	-18422.6	424209.1289	0.0137025	0.0115603
67	0.62178	-411405	-19738.6	431143.1367	0.0146009	0.0124296
68	0.63178	-415103	-22973.7	438077.1035	0.0166529	0.0144622
69	0.64178	-418805	-26206.4	445011.1309	0.018705	0.0164949
70	0.65178	-422508	-29436.7	451945.1211	0.0207573	0.0185276
71	0.66178	-426214	-32664.8	458879.1367	0.0228098	0.0205603
72	0.67178	-429923	-35890.4	465813.1211	0.0248625	0.0225931
73	0.68178	-433633	-39113.8	472747.1289	0.0269154	0.0246259
74	0.69178	-437320	-42360.7	479681.125	0.0290069	0.0266909
75	0.70178	-440999	-45616	486615.1133	0.0317533	0.029306
76	0.71178	-444869	-48679.8	493549.1367	0.034703	0.0320925
77	0.72178	-448688	-51794.8	500483.1289	0.0377508	0.0349575
78	0.73178	-452605	-54811.9	507417.1055	0.0412162	0.0381599
79	0.74178	-457295	-57059.8	514354.4805	0.0453459	0.0419902
80	0.75178	-462777	-58512.2	521288.9883	0.0501405	0.0464576
81	0.76178	-467401	-60821.3	528222.582	0.0606631	0.0562685

82	0.77178	-474280	-60874.9	535154.5273	0.0977771	0.0910138
83	0.78178	-483306	-58779.1	542084.6484	0.1319784	0.1228381
84	0.79178	-492026	-56995.2	549021.0508	0.1440667	0.1339707
85	0.80178	-500856	-55097.5	555953.4375	0.1559759	0.1449307
86	0.81178	-509544	-53345	562889.0703	0.1665893	0.154685
87	0.82178	-517929	-51894.6	569823.125	0.1743301	0.1617755
88	0.83178	-526269	-50488.6	576757.0625	0.1811814	0.1680388
89	0.84178	-534825	-48868.7	583693.4961	0.1885417	0.1747683
90	0.85178	-543731	-46894.3	590625.2227	0.198103	0.1835299
91	0.86178	-553638	-43920.9	597559.3047	0.2172904	0.2012287
92	0.87178	-562986	-41689.9	604675.832	0.234392	0.2170367
93	0.88178	-571066	-40361.6	611427.207	0.2419846	0.2240107
94	0.89178	-579072	-39288.8	618361.0977	0.248144	0.2296469
95	0.90178	-587047	-38248.8	625295.4883	0.2537556	0.2347729
96	0.91178	-595037	-37191.6	632228.8633	0.2589167	0.2394839
97	0.92178	-603110	-36052.3	639161.9023	0.2638253	0.2439578
98	0.93178	-611199	-34898.7	646097.3242	0.2687456	0.2484418
99	0.94178	-619349	-33681.8	653031.1445	0.2738901	0.2531338
100	0.95178	-627649	-32317	659965.752	0.279995	0.2587273
101	0.96178	-636015	-30884.7	666899.1934	0.2871756	0.2653195
102	0.97178	-644434	-29400.3	673834.1504	0.2962749	0.2737063
103	0.97428	-646532	-29034.8	675566.6738	0.2990535	0.2762729
104	0.97803	-649408	-28471.3	677879.0566	0.3067328	0.2833933
105	0.97838	-650000	-28410.9	678410.4434	0.3091644	0.2856548
106	0.97873	-650305	-28350.7	678655.1934	0.3115929	0.2879132
107	0.97909	-650565	-28329.3	678894.7871	0.3139652	0.2901152
108	0.97912	-650592	-28329.1	678921.0781	0.313966	0.2901159
109	0.97917	-650654	-28301.7	678955.3223	0.3149112	0.2909905
110	0.97922	-650706	-28283.8	678989.5625	0.3154866	0.291523
111	0.97927	-650758	-28265.8	679023.875	0.3160619	0.2920553
112	0.97934	-650836	-28238.9	679075.3105	0.3169242	0.2928533
113	0.97945	-650954	-28198.7	679152.4316	0.3182168	0.2940493
114	0.97962	-651130	-28138.5	679268.1289	0.3201515	0.2958393
115	0.97987	-651393	-28048.8	679441.7637	0.3230419	0.2985133
116	0.98025	-651787	-27916.5	679703.0918	0.3273467	0.3024951
117	0.98081	-652556	-27538.7	680095.1113	0.3361332	0.310606
118	0.98165	-654194	-26483.5	680677.6035	0.3550673	0.3280446
119	0.98292	-656789	-24762.9	681551.8867	0.3790027	0.3500736
120	0.98304	-657111	-24528.3	681639.7344	0.3815577	0.3524265
121	0.98316	-657423	-24298.5	681721.7227	0.38408	0.3547492
122	0.98328	-657598	-24205.9	681803.9355	0.3851211	0.3557121
123	0.98345	-657858	-24069.4	681927.3281	0.3866692	0.357144
124	0.98372	-658243	-23869.7	682112.2734	0.3889262	0.3592317
125	0.98382	-658383	-23799.1	682182.25	0.3897595	0.3600027
126	0.98397	-658599	-23687.3	682286.4082	0.3910223	0.3611707

127	0.9842	-658919	-23524.1	682442.8672	0.3929037	0.362911
128	0.98454	-659399	-23277.9	682677.3184	0.3957261	0.3655213
129	0.98504	-660120	-22909	683028.8984	0.3999419	0.3694197
130	0.98523	-660386	-22774.8	683161.125	0.4015197	0.3708787
131	0.98552	-660798	-22561.5	683359.166	0.4039756	0.3731454
132	0.98595	-661263	-22392.7	683656.0293	0.4067356	0.3756942
133	0.98659	-661889	-22212.2	684100.8477	0.4103191	0.3790095
134	0.98755	-662822	-21948.1	684769.959	0.4156605	0.3839505
135	0.989	-664204	-21567.7	685771.4082	0.4236043	0.3912967
136	0.99117	-666330	-20943.3	687273.6367	0.4358134	0.4025798
137	0.99333	-668436	-20337.9	688774.2969	0.4486063	0.4143323
138	0.9955	-670509	-19772.7	690281.8672	0.4618969	0.4264674
139	0.99767	-671926	-19856.3	691782.2715	0.4719239	0.4355131
140	0.99821	-672269	-19888.8	692157.834	0.4746958	0.4379762
141	0.99875	-672613	-19921	692534.2637	0.4773884	0.4403672
142	0.99956	-673378	-19719.4	693097.6328	0.4865506	0.4483286
143	0.99967	-673596	-19576.9	693173.0566	0.4900238	0.4513258
144	0.99984	-673922	-19365.9	693287.3828	0.4952109	0.4557976
145	0.99988	-674000	-19314	693314.3965	0.4964951	0.4569037
146	0.99989	-674023	-19302.5	693325.4941	0.4967772	0.4571468
147	0.99991	-674045	-19291	693336.1543	0.4970593	0.4573897
148	0.99991	-674051	-19288.2	693338.7793	0.497129	0.4574497
149	0.99992	-674059	-19283.9	693342.8086	0.4972354	0.4575413
150	0.99993	-674065	-19283.5	693348.7969	0.4972356	0.4575415
151	0.99994	-674075	-19282.9	693357.7676	0.497236	0.4575418
152	0.99996	-674089	-19282	693371.2559	0.4972365	0.4575422
153	0.99997	-674095	-19281.7	693376.2969	0.4972367	0.4575424
154	0.99997	-674097	-19281.5	693378.1738	0.4972367	0.4575425
155	0.99997	-674097	-19281.5	693378.877	0.4972368	0.4575425
156	0.99997	-674099	-19281.4	693379.9316	0.4972368	0.4575425
157	0.99997	-674099	-19281.4	693380.0488	0.4972368	0.4575425
158	0.99997	-674099	-19281.4	693380.2266	0.4972368	0.4575425
159	0.99997	-674099	-19281.4	693380.2852	0.4972368	0.4575425
160	0.99997	-674099	-19281.4	693380.3418	0.4972368	0.4575425
161	0.99997	-674099	-19281.4	693380.3418	0.4972368	0.4575425
162	0.99997	-674099	-19281.8	693380.3301	0.497237	0.4575427
163	0.99997	-674099	-19281.8	693380.3301	0.497237	0.4575427



## 2. Meshing 25

No	STEP TIME	REACTION FORCE		Resultan (ABS)	DISPLACEMENT	
		Kiri	Kanan		Kiri	Kanan
1	0.001	-660.8796	-32.52036	693.4	2.212E-05	1.862E-05
2	0.002	-1321.765	-65.03496	1386.8	4.424E-05	3.725E-05
3	0.0035	-2313.104	-113.7961	2426.9	7.742E-05	6.519E-05
4	0.00575	-3800.136	-186.9134	3987.0	0.0001272	0.0001071
5	0.00912	-6030.74	-296.5348	6327.3	0.0002019	0.00017
6	0.01419	-9376.769	-460.8436	9837.6	0.0003138	0.0002642
7	0.02178	-14396.09	-707.0289	15103.1	0.0004818	0.0004057
8	0.03178	-21006.41	-1030.714	22037.1	0.0007031	0.000592
9	0.04178	-27617.3	-1353.816	28971.1	0.0009244	0.0007783
10	0.05178	-34228.79	-1676.334	35905.1	0.0011456	0.0009646
11	0.06178	-40840.85	-1998.267	42839.1	0.0013669	0.0011509
12	0.07178	-47453.51	-2319.611	49773.1	0.0015882	0.0013373
13	0.08178	-54066.75	-2640.366	56707.1	0.0018096	0.0015236
14	0.09178	-60680.59	-2960.53	63641.1	0.0020309	0.00171
15	0.10178	-67295.02	-3280.101	70575.1	0.0022523	0.0018964
16	0.11178	-73910.04	-3599.077	77509.1	0.0024737	0.0020828
17	0.12178	-80525.66	-3917.456	84443.1	0.0026951	0.0022692
18	0.13178	-87141.88	-4235.238	91377.1	0.0029165	0.0024556
19	0.14178	-93758.7	-4552.42	98311.1	0.0031379	0.0026421
20	0.15178	-100376.1	-4869.001	105245.1	0.0033593	0.0028285
21	0.16178	-106994.1	-5184.98	112179.1	0.0035808	0.003015
22	0.17178	-113612.8	-5500.355	119113.1	0.0038023	0.0032015
23	0.18178	-120232	-5815.125	126047.1	0.0040238	0.003388
24	0.19178	-126851.8	-6129.288	132981.1	0.0042453	0.0035745
25	0.20178	-133472.3	-6442.843	139915.1	0.0044669	0.0037611
26	0.21178	-140093.3	-6755.79	146849.1	0.0046884	0.0039476
27	0.22178	-146715	-7068.125	153783.1	0.00491	0.0041342
28	0.23178	-153337.3	-7379.85	160717.1	0.0051316	0.0043208
29	0.24178	-159960.2	-7690.962	167651.1	0.0053532	0.0045074
30	0.25178	-166583.7	-8001.46	174585.1	0.0055748	0.004694
31	0.26178	-173207.8	-8311.344	181519.1	0.0057964	0.0048806
32	0.27178	-179832.5	-8620.61	188453.1	0.0060181	0.0050673
33	0.28178	-186457.9	-8929.261	195387.1	0.0062398	0.0052539
34	0.29178	-193083.8	-9237.293	202321.1	0.0064615	0.0054406
35	0.30178	-199710.4	-9544.706	209255.1	0.0066832	0.0056273
36	0.31178	-206337.6	-9851.499	216189.1	0.0069049	0.005814
37	0.32178	-212965.5	-10157.67	223123.1	0.0071267	0.0060008
38	0.33178	-219593.9	-10463.22	230057.1	0.0073485	0.0061875
39	0.34178	-226223	-10768.15	236991.1	0.0075703	0.0063743
40	0.35178	-232852.7	-11072.45	243925.1	0.0077921	0.0065611
41	0.36178	-239483	-11376.13	250859.1	0.0080139	0.0067479

42	0.37178	-246113.9	-11679.18	257793.1	0.0082357	0.0069347
43	0.38178	-252745.5	-11981.61	264727.1	0.0084576	0.0071215
44	0.39178	-259377.7	-12283.41	271661.1	0.0086795	0.0073083
45	0.40178	-266010.5	-12584.58	278595.1	0.0089014	0.0074952
46	0.41178	-272644	-12885.12	285529.1	0.0091233	0.0076821
47	0.42178	-279278.1	-13185.03	292463.1	0.0093452	0.007869
48	0.43178	-285912.8	-13484.31	299397.1	0.0095672	0.0080559
49	0.44178	-292548.2	-13782.96	306331.1	0.0097892	0.0082428
50	0.45178	-299184.1	-14080.98	313265.1	0.0100112	0.0084298
51	0.46178	-305820.8	-14378.36	320199.1	0.0102332	0.0086167
52	0.47178	-312458	-14675.12	327133.1	0.0104552	0.0088037
53	0.48178	-319095.9	-14971.23	334067.1	0.0106773	0.0089907
54	0.49178	-325734.4	-15266.72	341001.1	0.0108994	0.0091777
55	0.50178	-332373.6	-15561.57	347935.1	0.0111214	0.0093648
56	0.51178	-339013.3	-15855.78	354869.1	0.0113436	0.0095518
57	0.52178	-345653.8	-16149.35	361803.1	0.0115657	0.0097389
58	0.53178	-352294.8	-16442.29	368737.1	0.0117878	0.0099259
59	0.54178	-358936.5	-16734.59	375671.1	0.01201	0.010113
60	0.55178	-365578.9	-17026.25	382605.1	0.0122322	0.0103002
61	0.56178	-372221.8	-17317.27	389539.1	0.0124544	0.0104873
62	0.57178	-378865.5	-17607.65	396473.1	0.0126766	0.0106744
63	0.58178	-385509.7	-17897.39	403407.1	0.0128989	0.0108616
64	0.59178	-392154.6	-18186.49	410341.1	0.0131211	0.0110488
65	0.60178	-398788.8	-18486.4	417275.2	0.0133832	0.0112762
66	0.61178	-405410.3	-18798.34	424208.7	0.0136938	0.0115525
67	0.61428	-407065.5	-18877.19	425942.7	0.0137733	0.0116234
68	0.61803	-409547.8	-18995.01	428542.9	0.0138923	0.0117295
69	0.62366	-412108.6	-20334.29	432442.9	0.0147475	0.0125713
70	0.63209	-415230.2	-23063.57	438293.8	0.016452	0.0142591
71	0.64209	-418936.2	-26291.64	445227.8	0.0184677	0.0162549
72	0.65209	-422642.8	-29519.02	452161.9	0.0204843	0.0182513
73	0.66209	-426350.2	-32745.67	459095.8	0.0225017	0.0202482
74	0.67209	-430044.8	-35985.06	466029.8	0.0247365	0.0224352
75	0.68209	-433756.5	-39207.25	472963.8	0.0273126	0.0249178
76	0.69209	-437610.2	-42287.66	479897.8	0.0303019	0.0277555
77	0.70209	-441446.6	-45385.21	486831.8	0.0335443	0.0308061
78	0.71209	-445371.5	-48394.26	493765.8	0.0369491	0.0339926
79	0.72209	-449809.1	-50893.93	500703.0	0.0407887	0.0375975
80	0.73209	-454565.9	-53067.6	507633.5	0.0451061	0.0416552
81	0.74209	-459414.7	-55151.8	514566.5	0.0569779	0.0528786
82	0.74459	-460673.9	-55627.3	516301.2	0.0668866	0.0622934
83	0.74553	-461654.4	-55296.96	516951.4	0.0739244	0.0690112
84	0.74694	-463354.6	-54571.81	517926.4	0.086281	0.08081
85	0.74905	-465023.1	-54366.07	519389.1	0.1002347	0.0940535
86	0.75221	-467393.9	-54189.02	521583.0	0.1131772	0.1062711

87	0.75696	-471334.3	-53540.01	524874.3	0.1222419	0.1148427
88	0.76408	-476986.1	-52824.52	529810.6	0.1295668	0.1217541
89	0.77408	-484849.9	-51894.44	536744.3	0.1402315	0.1317999
90	0.78408	-492489.1	-51189.33	543678.4	0.1503441	0.1412377
91	0.79408	-500319.2	-50293.25	550612.4	0.1603795	0.1505523
92	0.80408	-508056.5	-49489.93	557546.4	0.1683707	0.1579891
93	0.81408	-515850.1	-48630.38	564480.4	0.1745366	0.1637231
94	0.82408	-523922.7	-47492.35	571415.1	0.1807448	0.1694904
95	0.83408	-531952.9	-46395.56	578348.4	0.1867203	0.1750286
96	0.84408	-540034.8	-45247.64	585282.4	0.1935219	0.1812799
97	0.85408	-548519.8	-43696.63	592216.4	0.2092189	0.195715
98	0.86408	-556599.2	-42551.21	599150.4	0.225409	0.2107018
99	0.86658	-558689.9	-42193.96	600883.9	0.2294809	0.2144713
100	0.87033	-561848.9	-41635.29	603484.2	0.2355043	0.2199842
101	0.87173	-562971.4	-41487.89	604459.3	0.2363026	0.2207027
102	0.87384	-564654.4	-41267.44	605921.9	0.2374565	0.2217408
103	0.87701	-567245.9	-40873	608118.9	0.2392172	0.2233231
104	0.88175	-571325.2	-40081.6	611406.8	0.2420178	0.2258055
105	0.88887	-577426.9	-38916.3	616343.2	0.2460251	0.2293584
106	0.89137	-579563.6	-38514.45	618078.0	0.2473519	0.2305478
107	0.89512	-582777.5	-37899.47	620677.0	0.2493553	0.2323433
108	0.90075	-587714.2	-36863.16	624577.3	0.2526358	0.2352808
109	0.90918	-594493.8	-35933.85	630427.6	0.2574008	0.2395628
110	0.91918	-602594.3	-34767.3	637361.6	0.2636017	0.2451593
111	0.92918	-610832.7	-33463.14	644295.8	0.2701998	0.2510433
112	0.93918	-619316.8	-31913.05	651229.9	0.2764592	0.2565226
113	0.94918	-628229.5	-29934.39	658163.9	0.2831394	0.2623319
114	0.95918	-637412.6	-27685.71	665098.3	0.2905986	0.2689238
115	0.96168	-639738.8	-27092.54	666831.3	0.2934192	0.2714482
116	0.96543	-643103.2	-26328.46	669431.7	0.298279	0.2758054
117	0.96684	-644383.8	-26022.94	670406.7	0.3011644	0.2783976
118	0.96737	-644880.7	-25893.07	670773.8	0.3023782	0.2794898
119	0.96816	-645874.6	-25446.3	671320.9	0.3070194	0.2835746
120	0.96816	-645873.7	-25450.42	671324.1	0.3070194	0.2835746



**Lampiran 2.** Data Hasil analisis Beban dan Perpindahan pada Portal dengan *Bracing* Eksentris 60 cm

**1. Meshing 4**

No	STEP TIME	REACTION FORCE			DISPLACEMENT	
		Kiri	Kanan	Resultan (ABS)	Kiri	Kanan
1	0.001	-462.277	-231.123	693.4	4.752E-05	4.45148E-05
2	0.002	-924.602	-462.198	1386.8	9.504E-05	8.90286E-05
3	0.0035	-1618.18	-808.719	2426.9	0.0001663	0.000155798
4	0.00575	-2658.75	-1328.3	3987.05	0.0002732	0.000255948
5	0.009125	-4220.07	-2107.21	6327.275	0.0004336	0.000406165
6	0.014187	-6563.07	-3274.55	9837.613	0.0006741	0.000631472
7	0.021781	-10079.9	-5023.24	15103.12	0.0010349	0.000969392
8	0.031781	-14715.3	-7321.81	22037.12	0.00151	0.001414316
9	0.041781	-19355.5	-9615.59	28971.12	0.0019851	0.001859156
10	0.051781	-24000.5	-11904.6	35905.12	0.0024601	0.002303915
11	0.061781	-28650.3	-14188.8	42839.12	0.002935	0.002748594
12	0.071781	-33304.9	-16468.2	49773.12	0.0034099	0.003193194
13	0.081781	-37964.2	-18742.9	56707.12	0.0038848	0.003637716
14	0.091781	-42628.3	-21012.8	63641.12	0.0043597	0.004082161
15	0.101781	-47297.1	-23278	70575.12	0.0048345	0.004526532
16	0.111781	-51970.7	-25538.4	77509.12	0.0053093	0.004970828
17	0.121781	-56649	-27794.1	84443.12	0.005784	0.00541505
18	0.131781	-61332	-30045.1	91377.12	0.0062587	0.005859201
19	0.141781	-66019.7	-32291.4	98311.12	0.0067334	0.006303282
20	0.151781	-70712.1	-34533	105245.1	0.0072081	0.006747292
21	0.161781	-75409.3	-36769.9	112179.1	0.0076827	0.007191234
22	0.171781	-80111	-39002.1	119113.1	0.0081573	0.007635108
23	0.181781	-84817.5	-41229.6	126047.1	0.0086319	0.008078916
24	0.191781	-89528.7	-43452.4	132981.1	0.0091065	0.008522658
25	0.201781	-94244.5	-45670.6	139915.1	0.009581	0.008966335
26	0.211781	-98965	-47884.2	146849.1	0.0100555	0.009409949
27	0.221781	-103690	-50093	153783.1	0.01053	0.009853501
28	0.231781	-108420	-52297.3	160717.1	0.0110045	0.010296991
29	0.241781	-113154	-54496.9	167651.1	0.0114789	0.010740421
30	0.251781	-117893	-56691.9	174585.1	0.0119534	0.011183791
31	0.261781	-122649	-58870	181519.1	0.012435	0.011632951
32	0.271781	-127530	-60923.6	188453.3	0.0129869	0.012139066
33	0.281781	-131843	-63550.9	195394.1	0.0135867	0.012696373
34	0.291781	-134887	-67452	202338.7	0.0143166	0.013393885
35	0.301781	-138010	-71245.3	209255.7	0.0151174	0.014146849
36	0.311781	-141233	-74956.6	216189.6	0.0159707	0.014940748
37	0.321781	-144122	-79007.8	223129.5	0.0168327	0.015743015
38	0.331781	-145119	-84976.8	230096	0.017743	0.016593348
39	0.341781	-146067	-90924.3	236991.1	0.0186533	0.017443387

40	0.351781	-147069	-96855.9	243925.2	0.0195635	0.018293085
41	0.361781	-149186	-101674	250859.4	0.020525	0.019181283
42	0.371781	-152006	-105785	257790.6	0.0215128	0.020090146
43	0.381781	-154801	-109926	264727.3	0.0225009	0.020998895
44	0.391781	-156498	-115167	271665.6	0.0235096	0.021927442
45	0.401781	-158162	-120433	278594.7	0.0246562	0.022986474
46	0.411781	-159845	-125684	285529.2	0.0258063	0.024048356
47	0.421781	-161353	-131111	292463.5	0.0270472	0.025198687
48	0.431781	-162879	-136518	299396.8	0.0283179	0.026378563
49	0.441781	-164371	-141959	306330.6	0.0295002	0.027487013
50	0.451781	-166220	-147045	313265.2	0.0310004	0.028894756
51	0.461781	-168212	-151984	320196.6	0.0326805	0.030469241
52	0.471781	-170233	-156900	327133	0.0343757	0.032057483
53	0.481781	-172827	-161241	334067.5	0.0365563	0.034033477
54	0.491781	-175337	-165664	341001.7	0.0386276	0.035921469
55	0.501781	-177662	-170275	347937.7	0.0404831	0.037594795
56	0.511781	-180466	-174398	354864.1	0.0428006	0.039615579
57	0.521781	-183994	-177816	361809.6	0.0457106	0.042152248
58	0.531781	-187122	-181619	368741	0.0482061	0.044337492
59	0.541781	-189862	-185813	375674.9	0.0503261	0.046223592
60	0.551781	-192792	-189811	382603.2	0.0527319	0.048368186
61	0.561781	-195903	-193634	389537.4	0.0553104	0.050670307
62	0.571781	-196368	-200105	396473.1	0.059278	0.054152556
63	0.581781	-196216	-207202	403418.2	0.0648766	0.058912966
64	0.584281	-197531	-207623	405154.6	0.0664827	0.060275938
65	0.588031	-199420	-208320	407740.4	0.0706257	0.063568242
66	0.593656	-202215	-209426	411641.3	0.0790879	0.070367135
67	0.602094	-205566	-211929	417495.7	0.0936189	0.082562692
68	0.612094	-204306	-220119	424425.7	0.1200521	0.103669211
69	0.614594	-204315	-221846	426160.7	0.1275255	0.109742999
70	0.618344	-201124	-227637	428760.9	0.1388027	0.11904221
71	0.623969	-210288	-222364	432651.5	0.1941379	0.163379133
72	0.625375	-211325	-222313	433638.4	0.2016813	0.169399142
73	0.626781	-212412	-222198	434609.6	0.2093077	0.17552717
74	0.628891	-214837	-221235	436072.6	0.2250848	0.188560829
75	0.632055	-219910	-218365	438275.5	0.2369035	0.198443681
76	0.636801	-229482	-212074	441556	0.2544643	0.212753072
77	0.638581	-233483	-209308	442791.6	0.2619261	0.218676269
78	0.64125	-239085	-205557	444642.1	0.2716621	0.226361975
79	0.645255	-245186	-202234	447419.8	0.2821963	0.234592974
80	0.651262	-253568	-198016	451584.6	0.2931517	0.243443429
81	0.653514	-255438	-197349	452786.4	0.2978728	0.247346491
82	0.656893	-261611	-193809	455420.1	0.3054979	0.253701657
83	0.661961	-266761	-192239	459000	0.3329274	0.274871975
84	0.663862	-268292	-192066	460357.8	0.3488115	0.286957383
85	0.666713	-270923	-191389	462312.2	0.3688301	0.302060157



86	0.670989	-276248	-188970	465218.5	0.3986651	0.323516607
87	0.672592	-277937	-188457	466394	0.4133231	0.333384633
88	0.672743	-278005	-188475	466479.7	0.4143608	0.334081829
89	0.672968	-277877	-188760	466636.2	0.4167744	0.335557431
90	0.673053	-277933	-188766	466699	0.4177564	0.336151063
91	0.673085	-277916	-188799	466715.4	0.4181246	0.336372703
92	0.673132	-277900	-188850	466750	0.4186769	0.336704969
93	0.67315	-277911	-188852	466762.2	0.4186778	0.336705714
94	0.673168	-277924	-188851	466774.6	0.4186806	0.336707771
95	0.673169	-277924	-188851	466775.4	0.4186807	0.336707801
96	0.673169	-277925	-188851	466775.7	0.4186807	0.33670783
97	0.67317	-277925	-188851	466776.1	0.4186807	0.33670786
98	0.67317	-277925	-188851	466776.1	0.4186808	0.33670786
99	0.67317	-277925	-188851	466776.2	0.4186808	0.33670786
100	0.67317	-277925	-188851	466776.2	0.4186808	0.33670786
101	0.67317	-277925	-188851	466776.2	0.4186808	0.33670786
102	0.67317	-277925	-188851	466776.2	0.4186808	0.33670786
103	0.67317	-277925	-188851	466776.2	0.4186808	0.33670786
104	0.67317	-277925	-188851	466776.2	0.4186808	0.33670786

## 2. Meshing 25

No	STEP TIME	REACTION FORCE			DISPLACEMENT	
		Kiri	Kanan	Resultan (ABS)	Kiri	Kanan
1	0.001	-461.676	-231.724	693.4	4.7026E-05	4.4021E-05
2	0.002	-923.404	-463.396	1386.8	9.4051E-05	8.804E-05
3	0.0035	-1616.09	-810.81	2426.9	0.00016459	0.00015407
4	0.00575	-2655.34	-1331.71	3987.05	0.00027039	0.0002531
5	0.009125	-4214.69	-2112.59	6327.275	0.00042908	0.00040164
6	0.014187	-6554.8	-3282.81	9837.613	0.00066711	0.00062443
7	0.021781	-10067.4	-5035.71	15103.12	0.0010241	0.00095854
8	0.030781	-14234.3	-7109.43	21343.72	0.00144715	0.00135444
9	0.039781	-18405.3	-9179.04	27584.32	0.00187013	0.00175025
10	0.048781	-22580.4	-11244.6	33824.92	0.00229305	0.00214595
11	0.057781	-26759.5	-13306	40065.52	0.00271591	0.00254156
12	0.066781	-30942.8	-15363.4	46306.12	0.0031387	0.00293708
13	0.075781	-35130.1	-17416.6	52546.72	0.00356144	0.0033325
14	0.084781	-39321.5	-19465.9	58787.32	0.00398411	0.00372783
15	0.093781	-43516.9	-21511	65027.92	0.00440673	0.00412307
16	0.102781	-47716.4	-23552.2	71268.52	0.00482929	0.00451821
17	0.111781	-51919.9	-25589.2	77509.12	0.00525179	0.00491327
18	0.120781	-56127.4	-27622.3	83749.72	0.00567424	0.00530823
19	0.129781	-60339	-29651.3	89990.32	0.00609663	0.00570311

20	0.138781	-64554.6	-31676.4	96230.92	0.00651896	0.0060979
21	0.147781	-68774.2	-33697.4	102471.5	0.00694125	0.0064926
22	0.156781	-72997.7	-35714.4	108712.1	0.00736348	0.00688721
23	0.165781	-77225.3	-37727.4	114952.7	0.00778565	0.00728174
24	0.174781	-81456.9	-39736.4	121193.3	0.00820778	0.00767618
25	0.183781	-85692.4	-41741.5	127433.9	0.00862986	0.00807054
26	0.192781	-89932	-43742.6	133674.5	0.00905188	0.00846482
27	0.201781	-94175.4	-45739.7	139915.1	0.00947386	0.00885901
28	0.210781	-98422.9	-47732.9	146155.7	0.00989579	0.00925312
29	0.219781	-102674	-49722.1	152396.3	0.01031767	0.00964714
30	0.228781	-106934	-51702.4	158636.9	0.01074292	0.01004395
31	0.237781	-111219	-53658.2	164877.5	0.01118251	0.0104527
32	0.246781	-115441	-55689.5	171130	0.01168438	0.01092429
33	0.255781	-119508	-57850.5	177358.8	0.01233155	0.01152818
34	0.258031	-120531	-58388.1	178918.8	0.01249884	0.01168409
35	0.261406	-121962	-59297	181259.1	0.01277941	0.01195029
36	0.266469	-124166	-60603.1	184769.4	0.01324576	0.01239979
37	0.274063	-127156	-62929.6	190086.1	0.0139559	0.01308451
38	0.283062	-129849	-66438.3	196287.5	0.01480862	0.01390854
39	0.292062	-132504	-70012	202516.2	0.01559726	0.014672
40	0.301062	-133899	-74857.4	208756.3	0.01639991	0.01543978
41	0.310062	-135364	-79634.8	214998.7	0.01724143	0.01623972
42	0.312313	-135733	-80824.6	216557.5	0.01745171	0.01643957
43	0.315688	-136291	-82606.5	218897.7	0.01776694	0.01673908
44	0.32075	-137193	-85215.5	222408	0.01829308	0.01724767
45	0.325812	-138105	-87813.3	225918.3	0.01881951	0.01775655
46	0.330875	-139527	-89901.7	229428.4	0.01932253	0.01824198
47	0.338469	-141973	-92682.1	234655.5	0.02005439	0.01894743
48	0.347469	-144414	-96520.6	240934.6	0.02087089	0.01973833
49	0.356469	-146810	-100366	247175.5	0.02167836	0.02051708
50	0.365469	-149140	-104276	253415.4	0.02253536	0.02133706
51	0.374469	-151745	-107908	259653.5	0.02348179	0.02223825
52	0.383469	-153274	-112623	265897	0.02448182	0.02318928
53	0.385719	-153652	-113806	267457.4	0.02476594	0.02345511
54	0.389094	-154222	-115576	269797.6	0.02519219	0.02385384
55	0.394156	-155085	-118223	273308	0.02583136	0.02445166
56	0.40175	-156354	-122220	278573.5	0.0267187	0.02529062
57	0.41075	-157874	-126941	284814.2	0.02779727	0.02633532
58	0.41975	-160585	-130470	291054.7	0.02880187	0.02731294
59	0.42875	-163242	-134054	297295.8	0.02979551	0.0282797
60	0.43775	-165472	-138064	303536.1	0.03090521	0.02934138
61	0.44675	-167501	-142366	309867.3	0.03213008	0.03048523
62	0.45575	-169478	-146537	316015.8	0.03347628	0.03170192

63	0.458	-170090	-147487	317577.2	0.03390329	0.03207429
64	0.461375	-171040	-148881	319920.6	0.03455858	0.03265007
65	0.466437	-172235	-151193	323427.6	0.03539727	0.03341477
66	0.474031	-173426	-155264	328690.1	0.03676024	0.03466652
67	0.483031	-175126	-159809	334935.9	0.03853898	0.03629088
68	0.492031	-178330	-162823	341153	0.04042206	0.03797877
69	0.501031	-181601	-165814	347415.1	0.04298553	0.04017118
70	0.503281	-181439	-167536	348975	0.04360214	0.0407203
71	0.506656	-180927	-170388	351315.5	0.04471068	0.04169009
72	0.511719	-180381	-174441	354822.8	0.04642005	0.04317827
73	0.513617	-180041	-176103	356143.9	0.04702743	0.04372248
74	0.516465	-179685	-178432	358116.8	0.04797908	0.04458205
75	0.520736	-178993	-182086	361078.5	0.04962431	0.04605884
76	0.527144	-180169	-185352	365521.3	0.05504457	0.05063453
77	0.528745	-180788	-185844	366632	0.05703377	0.05231154
78	0.530347	-181424	-186319	367742.7	0.05924627	0.0542069
79	0.53275	-181930	-187479	369408.8	0.06442652	0.05852274
80	0.533651	-182402	-187631	370033.5	0.06658951	0.06032542
81	0.533989	-182590	-187678	370267.8	0.06756898	0.06112085
82	0.534496	-182869	-187750	370619.2	0.06937549	0.06257304
83	0.535256	-183308	-187839	371146.4	0.07324569	0.06565636
84	0.536396	-183926	-188011	371937.1	0.0764989	0.06825279
85	0.537537	-184554	-188174	372727.8	0.08115759	0.07191856
86	0.538677	-185069	-188449	373518.6	0.0839467	0.07412606
87	0.538962	-185144	-188573	373716.2	0.08594428	0.07566595
88	0.53939	-185175	-188837	374012.8	0.08803862	0.07727021
89	0.540031	-185275	-189183	374457.5	0.08922162	0.07819707
90	0.540993	-185423	-189701	375124.7	0.09100021	0.0795905
91	0.542436	-185995	-190131	376125.4	0.09370469	0.08170493
92	0.542978	-186143	-190358	376500.7	0.09543484	0.08301633
93	0.54379	-186348	-190716	377063.6	0.09812126	0.08503876
94	0.545007	-187084	-190824	377908	0.10020499	0.08665034
95	0.546834	-188216	-190959	379174.6	0.10307451	0.08886751
96	0.549574	-189832	-191243	381074.5	0.10754602	0.09230268
97	0.550601	-190343	-191444	381786.9	0.11002783	0.09414569
98	0.552143	-191195	-191661	382855.8	0.11348864	0.09679101
99	0.55272	-191451	-191805	383256.3	0.11453759	0.09762396
100	0.553587	-191529	-192328	383857.5	0.11585872	0.09866333
101	0.554888	-191371	-193388	384759.4	0.11766705	0.10006103
102	0.555375	-191374	-193723	385097.5	0.11835247	0.10059089
103	0.556107	-191532	-194073	385604.2	0.11938762	0.1013963
104	0.556124	-191541	-194075	385616.4	0.11938866	0.10139725
105	0.55613	-191545	-194076	385620.9	0.11938903	0.10139757

106	0.55614	-191543	-194084	385627.5	0.11939019	0.10139869
107	0.55615	-191542	-194092	385634.2	0.11945038	0.1014483
108	0.556159	-191544	-194097	385640.9	0.11946449	0.10145998
109	0.556169	-191546	-194102	385647.6	0.11947869	0.10147174
110	0.556184	-191549	-194109	385657.6	0.11949988	0.1014893
111	0.556205	-191553	-194119	385672.7	0.11953166	0.10151562
112	0.556238	-191560	-194135	385695.3	0.11957934	0.1015551
113	0.556287	-191574	-194155	385729.1	0.11965051	0.10161408
114	0.55636	-191591	-194189	385779.9	0.11976159	0.10170615
115	0.55647	-191616	-194240	385856	0.11992299	0.10183899
116	0.556634	-191674	-194296	385970.3	0.1201585	0.10203332
117	0.556882	-191779	-194362	386141.6	0.12051301	0.10232635
118	0.557252	-191938	-194461	386398.8	0.12104452	0.10276547
119	0.557808	-192171	-194613	386784.3	0.12186641	0.1034422
120	0.558643	-192557	-194805	387362.7	0.12312194	0.10447396
121	0.559894	-193088	-195142	388230.3	0.12540589	0.10631572
122	0.56177	-192000	-197532	389531.7	0.13010049	0.110108
123	0.564586	-195553	-195930	391483.5	0.13581145	0.11490757
124	0.565641	-197718	-194498	392216.2	0.13772371	0.11647746
125	0.567225	-201151	-192163	393313.5	0.14164515	0.11967427
126	0.5696	-205956	-189006	394961.7	0.15141582	0.12745115
127	0.570491	-207064	-188513	395577.6	0.15410666	0.12957232
128	0.571827	-208661	-188324	396984.5	0.15836997	0.13302262
129	0.573831	-210075	-187841	397916.4	0.16484654	0.13825859
130	0.576838	-213212	-186763	399974.4	0.17458247	0.14591543
131	0.577965	-214629	-186131	400760.3	0.17742485	0.14815484
132	0.579656	-216746	-185188	401933.2	0.18174164	0.15153518
133	0.58029	-217508	-184838	402345.8	0.18326186	0.15272141
134	0.581241	-218801	-184221	403021.5	0.18557855	0.15455094
135	0.581598	-219269	-184010	403278.5	0.18660781	0.1553504
136	0.582133	-219707	-183725	403432	0.18811217	0.1565105
137	0.582936	-220270	-183715	403984.8	0.19029157	0.15817831
138	0.583237	-220531	-183890	404420.4	0.19108035	0.15877466
139	0.583688	-220673	-184071	404744.1	0.19220051	0.15963651
140	0.584365	-220929	-184272	405201	0.19364482	0.16077377
141	0.585381	-221439	-184509	405948.1	0.19584925	0.16251449
142	0.585762	-221606	-184561	406167.3	0.19665104	0.16314879
143	0.586333	-221991	-184575	406566	0.19790682	0.16414745
144	0.58719	-222610	-184548	407157.4	0.20000497	0.16581643
145	0.588476	-223551	-184498	408048.6	0.20315954	0.16831952
146	0.590404	-224345	-184781	409125.3	0.20835507	0.1724208
147	0.590585	-224662	-184850	409511.7	0.20889528	0.17284594
148	0.590856	-224748	-184952	409699.6	0.2097359	0.17350866



149	0.591127	-224845	-185042	409887.8	0.21058512	0.17417786
150	0.591399	-225032	-185053	410085.2	0.21143286	0.17484552
151	0.591805	-225303	-185055	410358.1	0.21270476	0.17584577
152	0.592415	-225716	-185056	410771.8	0.21469536	0.1774109
153	0.593331	-226352	-185044	411396	0.21770108	0.17977504
154	0.594703	-227454	-184914	412368.5	0.2224406	0.18348631
155	0.595218	-227776	-184949	412725	0.22443751	0.18506883
156	0.595991	-227442	-185888	413330.2	0.22746401	0.18746236
157	0.59628	-227193	-186309	413502.2	0.22852914	0.18829615
158	0.596389	-227088	-186464	413551.7	0.22890325	0.18858708
159	0.596552	-226960	-186695	413655.2	0.22941218	0.18898164
160	0.596613	-226909	-186782	413691.3	0.22960348	0.18912989
161	0.596636	-226893	-186815	413707.7	0.22967508	0.18918537
162	0.596644	-226887	-186826	413713	0.22967584	0.1891861
163	0.596653	-226882	-186837	413719.2	0.22967665	0.18918686
164	0.596661	-226876	-186849	413725	0.22967762	0.18918778
165	0.596665	-226874	-186854	413727.2	0.22967793	0.18918808
166	0.596666	-226874	-186854	413728.1	0.22967799	0.18918814
167	0.596668	-226876	-186854	413729.3	0.22967832	0.18918842
168	0.59667	-226877	-186854	413731.2	0.22967845	0.18918855
169	0.596671	-226878	-186854	413731.9	0.2296785	0.1891886
170	0.596673	-226879	-186854	413733	0.22967857	0.18918866
171	0.596673	-226879	-186854	413733.4	0.2296786	0.18918867
172	0.596674	-226879	-186854	413733.5	0.22967862	0.18918869
173	0.596674	-226879	-186854	413733.6	0.22967862	0.18918869
174	0.596674	-226879	-186854	413733.6	0.22967862	0.18918869
175	0.596674	-226879	-186854	413733.6	0.22967862	0.18918869
176	0.596674	-226879	-186854	413733.6	0.22967862	0.18918869
177	0.596674	-226879	-186854	413733.7	0.22967862	0.18918869
178	0.596674	-226879	-186854	413733.7	0.22967862	0.18918869

**Lampiran 3.** Data Hasil analisis Beban dan Perpindahan pada Portal dengan *Bracing* Eksentris 120 cm

**1. Meshing 4**

No	STEP TIME	REACTION FORCE			DISPLACEMENT	
		Kiri	Kanan	Resultan (ABS)	Kiri	Kanan
1	0.001	-327.5731	-365.8269	693.4	0.00012	0.00012
2	0.002	-655.2937	-731.5063	1386.8	0.00025	0.00024
3	0.0035	-1147.151	-1279.749	2426.9	0.00044	0.00043
4	0.00575	-1885.559	-2101.49	3987.05	0.00072	0.0007
5	0.00912	-2994.571	-3332.704	6327.275	0.00114	0.00111
6	0.01412	-4640.638	-5153.637	9794.275	0.00176	0.00172
7	0.01912	-6290.388	-6970.887	13261.27	0.00238	0.00233
8	0.02413	-7943.819	-8784.456	16728.27	0.003	0.00294
9	0.02912	-9600.931	-10594.34	20195.28	0.00363	0.00356
10	0.03413	-11261.72	-12400.56	23662.28	0.00425	0.00417
11	0.03912	-12926.19	-14203.09	27129.28	0.00487	0.00478
12	0.04412	-14594.33	-16001.95	30596.28	0.00549	0.00539
13	0.04913	-16266.14	-17797.13	34063.27	0.00612	0.006
14	0.05412	-17941.63	-19588.65	37530.28	0.00674	0.00661
15	0.05912	-19620.78	-21376.5	40997.28	0.00736	0.00721
16	0.06413	-21303.6	-23160.67	44464.28	0.00798	0.00782
17	0.06912	-22990.09	-24941.18	47931.28	0.00861	0.00843
18	0.07412	-24680.24	-26718.03	51398.28	0.00923	0.00904
19	0.07913	-26374.06	-28491.21	54865.28	0.00985	0.00965
20	0.08412	-28071.54	-30260.74	58332.28	0.01047	0.01026
21	0.08912	-29772.67	-32026.6	61799.28	0.01109	0.01087
22	0.09413	-31477.46	-33788.81	65266.27	0.01172	0.01148
23	0.09912	-33185.91	-35547.36	68733.28	0.01234	0.01209
24	0.10413	-34898.02	-37302.26	72200.27	0.01296	0.0127
25	0.10913	-36613.77	-39053.51	75667.28	0.01358	0.01331
26	0.11412	-38333.17	-40801.1	79134.27	0.0142	0.01392
27	0.11913	-40056.23	-42545.05	82601.28	0.01483	0.01453
28	0.12412	-41782.92	-44285.35	86068.27	0.01545	0.01514
29	0.12912	-43513.27	-46022.01	89535.28	0.01607	0.01575
30	0.13412	-45247.25	-47755.03	93002.28	0.01669	0.01636
31	0.13913	-46984.88	-49484.4	96469.28	0.01732	0.01696
32	0.14412	-48726.14	-51210.14	99936.27	0.01794	0.01757
33	0.14912	-50471.04	-52932.23	103403.3	0.01856	0.01818
34	0.15413	-52219.57	-54650.7	106870.3	0.01918	0.01879
35	0.15913	-53971.74	-56365.53	110337.3	0.0198	0.0194
36	0.16412	-55727.54	-58076.73	113804.3	0.02042	0.02001



37	0.16913	-57502.21	-59769.05	117271.3	0.02107	0.02063
38	0.17413	-59395.14	-61343.07	120738.2	0.02185	0.02138
39	0.17912	-61291.3	-62913.97	124205.3	0.02263	0.02213
40	0.18413	-63190.66	-64481.62	127672.3	0.02341	0.02288
41	0.18913	-65166.26	-65972.95	131139.2	0.02429	0.02374
42	0.19412	-67188.63	-67417.6	134606.2	0.02523	0.02466
43	0.19913	-69257.77	-68815.48	138073.3	0.02622	0.02563
44	0.20413	-71386.2	-70154.04	141540.2	0.02728	0.02665
45	0.20912	-73517.17	-71490.1	145007.3	0.02834	0.02767
46	0.21413	-75650.62	-72823.66	148474.3	0.0294	0.0287
47	0.21913	-77786.56	-74154.71	151941.3	0.03046	0.02972
48	0.22412	-79925.01	-75483.27	155408.3	0.03152	0.03074
49	0.22912	-82065.96	-76809.32	158875.3	0.03258	0.03176
50	0.23413	-84209.41	-78132.87	162342.3	0.03365	0.03278
51	0.23912	-86355.35	-79453.93	165809.3	0.03471	0.0338
52	0.24412	-88503.79	-80772.48	169276.3	0.03577	0.03482
53	0.24913	-90654.73	-82088.55	172743.3	0.03683	0.03584
54	0.25412	-92808.15	-83402.13	176210.3	0.03789	0.03686
55	0.25912	-94988	-84689.28	179677.3	0.03898	0.0379
56	0.26412	-97178.63	-85965.64	183144.3	0.04007	0.03894
57	0.26913	-99371.7	-87239.58	186611.3	0.04117	0.03998
58	0.27413	-101567.2	-88511.08	190078.3	0.04227	0.04103
59	0.27913	-103765.1	-89780.15	193545.3	0.04337	0.04207
60	0.28413	-105965.5	-91046.79	197012.3	0.04446	0.04311
61	0.28912	-108168.3	-92311	200479.3	0.04556	0.04415
62	0.29412	-110373.5	-93572.79	203946.3	0.04666	0.04519
63	0.29912	-112897	-94518.09	207415.1	0.04792	0.04639
64	0.30413	-115620.2	-95261.16	210881.4	0.04929	0.0477
65	0.30913	-118348.7	-95998.55	214347.3	0.05067	0.04903
66	0.31413	-121091	-96723.32	217814.3	0.05216	0.05045
67	0.31912	-123836.5	-97444.77	221281.3	0.05364	0.05187
68	0.32412	-125813	-98937.84	224750.8	0.05581	0.05394
69	0.32912	-125828.3	-102399	228227.3	0.05839	0.05642
70	0.33413	-126374.4	-105302.9	231677.3	0.06182	0.05964
71	0.33913	-126977.5	-108173.6	235151	0.06663	0.06417
72	0.34413	-127839.9	-110781.8	238621.7	0.07303	0.07017
73	0.34912	-129433.1	-112644.2	242077.4	0.08065	0.07724
74	0.35412	-130517.7	-115032.5	245550.2	0.09042	0.0865
75	0.35912	-132184.5	-116832.9	249017.3	0.11209	0.10695
76	0.36413	-134311.3	-118173.2	252484.5	0.13209	0.12578
77	0.36913	-136386.4	-119565.1	255951.5	0.14579	0.13862
78	0.37413	-138531.4	-120887	259418.4	0.16193	0.15373
79	0.37912	-139780.6	-123103.4	262884	0.19772	0.18662

80	0.38037	-139737.2	-124013.7	263750.9	0.20528	0.19348
81	0.38084	-139746.2	-124330.6	264076.9	0.21175	0.19924
82	0.38155	-139762.8	-124802.3	264565.1	0.22159	0.20795
83	0.3826	-139792.1	-125504	265296	0.23662	0.2213
84	0.383	-139807.2	-125764	265571.2	0.24262	0.22662
85	0.38315	-139812.6	-125860.4	265673	0.24485	0.22859
86	0.38337	-139821	-126006.3	265827.3	0.2482	0.23155
87	0.38345	-139841.6	-126043.5	265885.1	0.25178	0.23481
88	0.38353	-139866.2	-126076.8	265943	0.25591	0.23857
89	0.38362	-139808	-126192.3	266000.3	0.2596	0.24191
90	0.38374	-139855.2	-126232.6	266087.8	0.26136	0.24353
91	0.38393	-139926.8	-126290.4	266217.2	0.26375	0.24571
92	0.38421	-140036.3	-126377	266413.3	0.26745	0.24908
93	0.38463	-140198.7	-126507	266705.8	0.27293	0.25407
94	0.38527	-140349.7	-126795.5	267145.1	0.2783	0.25894
95	0.38622	-140575.6	-127228.6	267804.2	0.28632	0.26621
96	0.38764	-140923.4	-127869.1	268792.4	0.29871	0.27711
97	0.38978	-141451	-128824.1	270275.1	0.31675	0.29291
98	0.39299	-142097.6	-130404.7	272502.4	0.34275	0.3155
99	0.3978	-143530.1	-132304.8	275834.9	0.37284	0.34182
100	0.4028	-145481.9	-133820	279302	0.39816	0.36357
101	0.4078	-148456	-134314.6	282770.5	0.43484	0.39454
102	0.4128	-149012.8	-137223.1	286235.8	0.47473	0.42864
103	0.4178	-150589.9	-139113.5	289703.4	0.50855	0.45734
104	0.4228	-151278.1	-141891.8	293169.9	0.53345	0.47802
105	0.4278	-151096.3	-145541.5	296637.7	0.55556	0.4962
106	0.4328	-149857.7	-150246.2	300103.9	0.58457	0.51999
107	0.4378	-147837.6	-155733.9	303571.5	0.60978	0.54054
108	0.4428	-141302.2	-165734.9	307037.1	0.63221	0.55879
109	0.44405	-138306.4	-169598.9	307905.3	0.63852	0.56388
110	0.44593	-134034.6	-175169.9	309204.5	0.64817	0.57164
111	0.44874	-127898.4	-183256.7	311155.1	0.66278	0.58338
112	0.45296	-119986.4	-194096.1	314082.5	0.68269	0.59927
113	0.45796	-118886.9	-198660.3	317547.2	0.69941	0.61257
114	0.46296	-122274	-198743.2	321017.2	0.71569	0.62558
115	0.46796	-125718.7	-198763.2	324481.9	0.7325	0.63865
116	0.47296	-129130.1	-198818	327948.1	0.75364	0.65431
117	0.47796	-131594.3	-199820.8	331415	0.77538	0.6702
118	0.47921	-131707	-200574.8	332281.8	0.78232	0.67516
119	0.47968	-131762	-200847.2	332609.2	0.78553	0.67745
120	0.47972	-131767	-200870.4	332637.4	0.78584	0.67768
121	0.47976	-131772.2	-200895.7	332667.9	0.78615	0.67791
122	0.47981	-131777.3	-200921	332698.3	0.78646	0.67814

123	0.47987	-131785.1	-200958.9	332744	0.78692	0.67848
124	0.47997	-131796.7	-201015.9	332812.6	0.78761	0.67899
125	0.48012	-131814.2	-201101.3	332915.5	0.78865	0.67976
126	0.48034	-131858.1	-201211.6	333069.7	0.79002	0.68077
127	0.48068	-131929.2	-201371.9	333301.1	0.792	0.68225
128	0.48118	-132035.7	-201612.5	333648.2	0.79497	0.68445
129	0.48193	-132332.6	-201835.3	334167.9	0.7995	0.68785
130	0.48305	-132617	-202387	335004	0.80629	0.6929
131	0.48474	-133069.3	-203051.9	336121.3	0.81636	0.70037
132	0.48728	-133211.6	-204667.3	337878.9	0.83872	0.71713
133	0.49108	-138951.7	-201562.3	340514	0.89728	0.75954
134	0.49203	-140271.1	-200900.4	341171.6	0.91385	0.77094
135	0.49227	-140514.6	-200821.3	341335.9	0.91829	0.77393
136	0.49262	-140473.7	-201111.2	341584.9	0.92862	0.78047
137	0.49316	-139624.8	-202330.8	341955.7	0.9589	0.79932
138	0.49336	-138922.7	-203172.5	342095.2	0.97203	0.80733
139	0.49356	-138185.6	-204047.9	342233.5	0.98604	0.81576
140	0.49376	-137425.5	-204947	342372.5	1.00069	0.82448
141	0.49406	-136305.3	-206275.8	342581.1	1.02236	0.83724
142	0.49451	-135692.4	-207200.8	342893.2	1.03891	0.84687
143	0.49496	-135578.6	-207628.1	343206.7	1.04797	0.85215
144	0.49541	-135462.5	-208056.7	343519.3	1.05707	0.8574
145	0.49609	-135301.4	-208686.8	343988.2	1.07052	0.86508
146	0.4971	-135170.2	-209495.2	344665.4	1.0932	0.87796
147	0.49748	-135145.7	-209810.1	344955.8	1.10215	0.88299
148	0.49806	-135114.9	-210235.5	345350.5	1.11534	0.89032
149	0.49827	-135048.7	-210451.1	345499.8	1.12134	0.89359
150	0.49859	-134953.2	-210768.5	345721.7	1.13021	0.8984
151	0.49871	-134917.6	-210888.4	345806	1.13352	0.90018
152	0.49876	-134904.4	-210933.1	345837.5	1.13476	0.90085
153	0.49882	-134881.6	-211003.4	345885	1.13669	0.90188
154	0.49885	-134872.4	-211029.7	345902.2	1.13742	0.90228
155	0.49886	-134869	-211039.6	345908.7	1.1377	0.90242
156	0.49887	-134863.8	-211054.7	345918.6	1.13812	0.90265
157	0.49888	-134861.9	-211060.4	345922.3	1.13827	0.90273
158	0.49889	-134865.9	-211062	345927.9	1.13827	0.90273
159	0.49889	-134867.6	-211062.4	345930	1.13827	0.90273
160	0.49889	-134870.1	-211062.9	345933.1	1.13827	0.90273
161	0.4989	-134874	-211063.8	345937.8	1.13827	0.90273
162	0.4989	-134877.2	-211062.3	345939.5	1.13828	0.90273
163	0.4989	-134877.8	-211062.4	345940.2	1.13828	0.90273
164	0.49891	-134878.6	-211062.6	345941.2	1.13828	0.90273
165	0.49891	-134879.8	-211062.9	345942.7	1.13828	0.90273

166	0.49891	-134880.5	-211064.4	345944.9	1.13828	0.90274
167	0.49891	-134880.7	-211064.5	345945.1	1.13828	0.90274
168	0.49891	-134880.9	-211064.5	345945.4	1.13828	0.90274
169	0.49891	-134881.3	-211064.6	345945.9	1.13828	0.90274
170	0.49891	-134881.3	-211064.6	345946	1.13828	0.90274
171	0.49891	-134881.4	-211064.6	345946	1.13828	0.90274
172	0.49891	-134881.4	-211064.6	345946	1.13828	0.90274
173	0.49891	-134881.4	-211064.6	345946	1.13828	0.90274
174	0.49891	-134881.4	-211064.6	345946	1.13828	0.90274

## 2. Meshing 25

No	STEP TIME	REACTION FORCE			DISPLACEMENT	
		Kiri	Kanan	Resultan (ABS)	Kiri	Kanan
1	0.0005	-163.51205	-183.18794	346.7	6.124E-05	6.003E-05
2	0.001	-327.06146	-366.33853	693.39999	0.0001225	0.0001201
3	0.00175	-572.45563	-640.99438	1213.45	0.0002143	0.0002101
4	0.00288	-940.70441	-1052.8206	1993.525	0.0003521	0.0003451
5	0.00456	-1493.432	-1670.2056	3163.6376	0.0005588	0.0005477
6	0.00709	-2323.3206	-2595.4856	4918.8062	0.0008688	0.0008516
7	0.01089	-3569.9473	-3981.6121	7551.5593	0.0013338	0.0013073
8	0.01589	-5214.8774	-5803.6821	11018.56	0.0019461	0.0019073
9	0.02089	-6863.5366	-7622.0229	14485.56	0.0025583	0.0025073
10	0.02589	-8515.9229	-9436.6367	17952.56	0.0031705	0.0031072
11	0.03089	-10172.034	-11247.524	21419.559	0.0037827	0.003707
12	0.03589	-11831.869	-13054.69	24886.56	0.0043948	0.0043067
13	0.04089	-13495.426	-14858.134	28353.56	0.0050068	0.0049064
14	0.04589	-15162.701	-16657.859	31820.561	0.0056188	0.0055059
15	0.05089	-16833.693	-18453.865	35287.559	0.0062308	0.0061054
16	0.05589	-18508.402	-20246.158	38754.561	0.0068427	0.0067048
17	0.06089	-20186.822	-22034.736	42221.559	0.0074546	0.0073041
18	0.06589	-21868.955	-23819.604	45688.559	0.0080664	0.0079034
19	0.07089	-23554.797	-25600.762	49155.559	0.0086782	0.0085025
20	0.07589	-25244.348	-27378.213	52622.561	0.00929	0.0091016
21	0.08089	-26937.602	-29151.957	56089.559	0.0099016	0.0097006
22	0.08589	-28634.559	-30922	59556.559	0.0105133	0.0102995
23	0.09089	-30335.219	-32688.342	63023.561	0.0111249	0.0108983
24	0.09589	-32039.576	-34450.984	66490.561	0.0117364	0.0114971
25	0.10089	-33747.629	-36209.93	69957.559	0.012348	0.0120958
26	0.10589	-35459.379	-37965.18	73424.559	0.0129594	0.0126943
27	0.11089	-37174.82	-39716.738	76891.559	0.0135708	0.0132929
28	0.11589	-38893.953	-41464.605	80358.559	0.0141822	0.0138913

29	0.12089	-40616.777	-43208.781	83825.559	0.0147936	0.0144896
30	0.12589	-42343.285	-44949.277	87292.563	0.0154048	0.0150879
31	0.13089	-44073.477	-46686.082	90759.559	0.0160161	0.0156861
32	0.13589	-45807.352	-48419.211	94226.563	0.0166273	0.0162842
33	0.14089	-47544.902	-50148.656	97693.559	0.0172384	0.0168822
34	0.14589	-49286.137	-51874.426	101160.56	0.0178495	0.0174802
35	0.15089	-51062.418	-53565.121	104627.54	0.0185036	0.0181167
36	0.15589	-52853.586	-55240.969	108094.55	0.019173	0.0187673
37	0.16089	-54732.441	-56829.051	111561.49	0.0199652	0.0195432
38	0.16589	-56746.77	-58281.691	115028.46	0.0209441	0.0204928
39	0.17089	-58785.5	-59710.043	118495.54	0.0219539	0.021471
40	0.17589	-60829.051	-61133.508	121962.56	0.0229674	0.0224522
41	0.18089	-62973.289	-62456.27	125429.56	0.0241169	0.0235532
42	0.18589	-65119.375	-63777.184	128896.56	0.0252664	0.0246538
43	0.19089	-67266.758	-65096.805	132363.56	0.026415	0.0257534
44	0.19589	-69319.883	-66510.68	135830.56	0.0274341	0.0267475
45	0.20089	-71374.102	-67923.422	139297.52	0.0284593	0.0277627
46	0.20589	-73430.844	-69333.719	142764.56	0.0294847	0.0287782
47	0.21089	-75495.539	-70736.016	146231.55	0.0305158	0.0297968
48	0.21589	-77588.82	-72109.734	149698.55	0.0315758	0.0308359
49	0.22089	-79684.094	-73481.469	153165.56	0.0326355	0.0318745
50	0.22589	-81773.438	-74859.133	156632.57	0.0336811	0.0328982
51	0.23089	-83861.133	-76238.43	160099.56	0.03472	0.0339147
52	0.23589	-85995.805	-77570.758	163566.56	0.0358099	0.0349667
53	0.24089	-88159.078	-78874.477	167033.55	0.0369295	0.0360384
54	0.24589	-90325.031	-80175.531	170500.56	0.0380482	0.0371074
55	0.25089	-92492.359	-81475.195	173967.55	0.0391662	0.0381754
56	0.25589	-94707.336	-82727.781	177435.12	0.0402371	0.0392167
57	0.26089	-96940.156	-83961.461	180901.62	0.041309	0.0402611
58	0.26589	-99172.508	-85196.008	184368.52	0.0424209	0.0413444
59	0.27089	-101505	-86330.547	187835.55	0.0436159	0.0425089
60	0.27589	-103892.4	-87410.148	191302.55	0.0448527	0.0437268
61	0.28089	-106339.41	-88437.844	194777.25	0.0462294	0.045088
62	0.28589	-108401.48	-89855.219	198256.7	0.0482805	0.0471115
63	0.29089	-110487.25	-91216.32	201703.57	0.0508112	0.0496088
64	0.29589	-113187.37	-91983.188	205170.55	0.0534299	0.0521898
65	0.30089	-114998.64	-93639	208637.64	0.0567588	0.05544
66	0.30589	-115224.67	-96879.898	212104.57	0.0621244	0.060654
67	0.31089	-116309.23	-99262.297	215571.52	0.0700977	0.0683883
68	0.3112	-116420.04	-99368.117	215788.16	0.0707937	0.0690661
69	0.31152	-116534.91	-99470.008	216004.91	0.0715121	0.0697661
70	0.31183	-116649.78	-99571.844	216221.63	0.0722304	0.070466
71	0.3123	-116785.75	-99761.633	216547.38	0.073148	0.0713626

72	0.313	-116889.84	-100144.34	217034.19	0.0741101	0.0723105
73	0.31405	-117060.55	-100704.99	217765.54	0.0756581	0.0738299
74	0.31564	-117339.94	-101523.1	218863.04	0.0783351	0.0764256
75	0.31801	-117716.78	-102792.37	220509.15	0.082604	0.0805472
76	0.3189	-117879.3	-103244.68	221123.98	0.0845518	0.0824116
77	0.32023	-118072.81	-103977.85	222050.66	0.0871602	0.0848873
78	0.32224	-118124.1	-105314.07	223438.17	0.0904921	0.0880608
79	0.32524	-118436.91	-107084.6	225521.51	0.0952223	0.0925832
80	0.32975	-119007.27	-109637.99	228645.26	0.10479	0.101709
81	0.331	-119300.94	-110211.06	229512	0.1069315	0.1037478
82	0.33287	-119843.54	-110968.69	230812.23	0.110075	0.1067188
83	0.33568	-120889.13	-111873.27	232762.41	0.1162701	0.1124905
84	0.3399	-122321.97	-113365.8	235687.77	0.1301706	0.1254981
85	0.34115	-122540.03	-114014.4	236554.43	0.1394548	0.1340939
86	0.34162	-122656.35	-114223.37	236879.72	0.1426686	0.1370241
87	0.34232	-122796.98	-114570.02	237367	0.1464554	0.1404819
88	0.34338	-122981.67	-115116.64	238098.31	0.1520287	0.1455781
89	0.34377	-123049.55	-115323.02	238372.58	0.1541277	0.1474955
90	0.34437	-123255.19	-115528.75	238783.94	0.1576398	0.1507241
91	0.34526	-123551.91	-115849.09	239401	0.1629193	0.1555808
92	0.34615	-123866.67	-116151.38	240018.05	0.1708229	0.1628008
93	0.34704	-124340.8	-116294.28	240635.09	0.179449	0.1706874
94	0.34737	-124536.87	-116329.63	240866.49	0.1814566	0.17254
95	0.34787	-124812.65	-116400.83	241213.48	0.1843062	0.1751664
96	0.34862	-125208.64	-116525.58	241734.22	0.1879793	0.1785521
97	0.34975	-125822.95	-116692.23	242515.17	0.1927386	0.1829382
98	0.35144	-126735.76	-116950.84	243686.59	0.1999534	0.1894988
99	0.35397	-128402.07	-117041.6	245443.67	0.2277959	0.2145408
100	0.35492	-128950.35	-117152.34	246102.69	0.2385937	0.2242086
101	0.35635	-129456.14	-117668.48	247124.63	0.2504209	0.2347343
102	0.35688	-129634.15	-117827.57	247461.72	0.2543906	0.2382549
103	0.35768	-129836.73	-118180.82	248017.55	0.259763	0.243013
104	0.35889	-129925.77	-118925.89	248851.66	0.2654235	0.2480272
105	0.36069	-130744.5	-119360.24	250104.74	0.2758158	0.2572111
106	0.3634	-131945.95	-119845.5	251791.45	0.2910334	0.2706165
107	0.36746	-130369.68	-124425.38	254795.05	0.3320284	0.306434
108	0.36871	-130983.98	-124676.41	255660.39	0.3522361	0.3239181
109	0.36996	-130754.8	-125772.33	256527.13	0.3625651	0.3327951
110	0.37121	-130459.11	-126934.78	257393.89	0.3708322	0.3398816
111	0.37246	-130518.95	-127741.69	258260.63	0.3776678	0.3457163
112	0.37433	-131006.7	-128555.45	259562.15	0.388228	0.3547226
113	0.37714	-131822.92	-129688.03	261510.95	0.4054039	0.3693478
114	0.3782	-131977.95	-130264.63	262242.59	0.4130363	0.3758418

115	0.37978	-131620.78	-131718.27	263339.05	0.4304772	0.3905674
116	0.38215	-130419.74	-134564.98	264984.73	0.4600885	0.4154556
117	0.38453	-130918.44	-135711.75	266630.19	0.4807836	0.4326363
118	0.3869	-130204.69	-138070.98	268275.67	0.4945098	0.4439279
119	0.38927	-130891.82	-139029.31	269921.13	0.5125996	0.4587864
120	0.39164	-131569.7	-139996.91	271566.61	0.5322763	0.4747521
121	0.3952	-131972.92	-142061.89	274034.81	0.5669442	0.5024592
122	0.39876	-132978.81	-143524.2	276503.02	0.594604	0.524352
123	0.39965	-133731.17	-143388.89	277120.06	0.5996431	0.5283234
124	0.40054	-134452.14	-143285	277737.14	0.6048272	0.5324144
125	0.4006	-134497.3	-143278.38	277775.67	0.6051598	0.5326773
126	0.40066	-134542.75	-143271.5	277814.25	0.6054922	0.5329387
127	0.40071	-134590.06	-143262.77	277852.83	0.6058575	0.533226
128	0.40079	-134659.66	-143251.02	277910.67	0.6064078	0.5336587
129	0.40092	-134764.19	-143233.25	277997.44	0.6072329	0.5343068
130	0.40111	-134921.08	-143206.53	278127.61	0.60847	0.5352786
131	0.40139	-135156.97	-143165.86	278322.83	0.6103242	0.536734
132	0.40181	-135572.72	-143042.98	278615.7	0.6136013	0.5393184
133	0.40244	-136311.53	-142743.45	279054.98	0.6188249	0.5434558
134	0.40339	-137507.81	-142206.11	279713.92	0.626401	0.5494467
135	0.40482	-139258.03	-141444.28	280702.31	0.6377518	0.5583887
136	0.40696	-141662.78	-140522.13	282184.91	0.6562417	0.572792
137	0.40749	-142194.98	-140360.58	282555.56	0.6621414	0.5773306
138	0.40803	-142742.69	-140183.52	282926.2	0.6679232	0.5817626
139	0.40883	-143223.36	-140258.83	283482.19	0.6769722	0.5887066
140	0.41003	-143865.5	-140450.64	284316.14	0.6903389	0.5988876
141	0.41033	-144085.19	-140439.44	284524.63	0.6939021	0.6015904
142	0.41063	-144344.13	-140389	284733.13	0.697452	0.6042696
143	0.41093	-144610.36	-140331.19	284941.55	0.701345	0.6072094
144	0.41123	-144866.47	-140283.63	285150.09	0.7051454	0.6100623
145	0.41169	-145230.42	-140232.41	285462.83	0.7107811	0.6142692
146	0.41214	-145499.84	-140275.69	285775.53	0.7166267	0.6185792
147	0.41259	-145745.7	-140342.59	286088.3	0.7227205	0.6230336
148	0.41304	-145964.56	-140436.53	286401.09	0.7293417	0.627818
149	0.41349	-146183.78	-140529.98	286713.77	0.7348368	0.6317902
150	0.41394	-146468.3	-140558.2	287026.5	0.7402533	0.6356859
151	0.41439	-146658.42	-140680.84	287339.27	0.7460943	0.6397591
152	0.41484	-146829.42	-140822.66	287652.08	0.752803	0.644362
153	0.41496	-146859.34	-140870.83	287730.17	0.7550266	0.6458817
154	0.41507	-146954.52	-140853.83	287808.34	0.7573757	0.6474857
155	0.41518	-147018	-140868.53	287886.53	0.759596	0.6489868
156	0.41529	-147087.72	-140877	287964.72	0.7619168	0.650545
157	0.41541	-147116.5	-140926.5	288043	0.7644768	0.6522561



158	0.41552	-147152.5	-140971.97	288124.47	0.7671216	0.6539932
159	0.41563	-147181.89	-141017.38	288199.27	0.7694889	0.6555396
160	0.41574	-147234.34	-141043.11	288277.45	0.7716683	0.6569579
161	0.41586	-147294.03	-141061.59	288355.63	0.7738436	0.6583672
162	0.41597	-147355.27	-141078.55	288433.81	0.7760203	0.6597614
163	0.41614	-147451.45	-141099.63	288551.08	0.7792877	0.6618232
164	0.41631	-147557.8	-141110.56	288668.36	0.7826135	0.663877
165	0.41648	-147675.89	-141109.75	288785.64	0.7859387	0.6658657
166	0.41665	-147809.66	-141093.27	288902.92	0.7891256	0.6676882
167	0.41682	-147956.69	-141063.5	289020.19	0.7920909	0.6692653
168	0.41699	-148168.05	-140969.41	289137.45	0.7944333	0.6703179
169	0.41703	-148228.34	-140938.44	289166.78	0.7949817	0.6704951
170	0.41707	-148294.27	-140901.84	289196.11	0.7955049	0.6706089
171	0.41711	-148371.8	-140853.64	289225.44	0.795999	0.6706294
172	0.41711	-148374.67	-140850.84	289225.52	0.795999	0.6706294





**Lampiran 4.** Perbandingan Reaksi Tumpuan dan Perpindahan Portal dengan *Bracing* Konsentris, Eksentris 60 cm dan Eksentris 120 cm pada *meshing* 4

KONSENTRIS		EKSENTRIS 60 CM		EKSENTRIS 120 CM	
RF	U	RF	U	RF	U
0.06934	2.216E-05	0.06934	4.752E-05	0.06934	0.00012452
0.13868	4.4321E-05	0.13868	9.5039E-05	0.13868	0.00024904
0.24269	7.7562E-05	0.24269	0.00016632	0.24268999	0.00043581
0.39870499	0.00012742	0.398705	0.00027323	0.39870499	0.00071597
0.63272748	0.00020222	0.63272749	0.0004336	0.63272749	0.0011362
0.98376129	0.00031442	0.98376125	0.00067415	0.97942754	0.00175874
1.51031194	0.00048272	1.51031182	0.00103494	1.32612749	0.00238126
2.20371208	0.00070436	2.20371191	0.00151002	1.67282749	0.00300375
2.89711204	0.00092601	2.89711191	0.00198506	2.01952754	0.00362623
3.59051219	0.00114769	3.59051182	0.00246006	2.36622754	0.00424867
4.28391195	0.00136937	4.28391191	0.00293502	2.71292754	0.0048711
4.97731208	0.00159107	4.97731191	0.00340994	3.05962754	0.00549351
5.67071199	0.00181279	5.67071172	0.00388483	3.40632744	0.00611589
6.36411187	0.00203452	6.36411191	0.00435968	3.75302754	0.00673825
7.05751228	0.00225627	7.05751191	0.00483449	4.09972754	0.00736059
7.75091189	0.00247803	7.75091191	0.00530927	4.44642754	0.0079829
8.44431206	0.0026998	8.44431191	0.00578402	4.79312754	0.00860519
9.13771187	0.0029216	9.13771172	0.00625874	5.13982754	0.00922746
9.83111187	0.0031434	9.83111211	0.00673343	5.48652754	0.00984971
10.5245119	0.00336523	10.5245121	0.00720809	5.83322754	0.01047194
11.2179119	0.00358707	11.2179121	0.00768272	6.17992754	0.01109414
11.9113123	0.00380892	11.9113117	0.00815733	6.52662734	0.01171633
12.6047123	0.00403079	12.6047121	0.00863191	6.87332773	0.01233849
13.2981117	0.00425268	13.2981117	0.00910647	7.22002734	0.01296063
13.9915112	0.00447458	13.9915117	0.009581	7.56672773	0.01358275
14.6849114	0.0046965	14.6849121	0.01005552	7.91342734	0.01420485
15.3783113	0.00491843	15.3783117	0.01053001	8.26012773	0.01482692
16.0717125	0.00514039	16.0717117	0.01100449	8.60682734	0.01544898
16.7651115	0.00536235	16.7651121	0.01147894	8.95352773	0.01607101
17.4585115	0.00558434	17.4585121	0.01195338	9.30022773	0.01669302
18.1519123	0.00580634	18.1519137	0.01243501	9.64692773	0.01731502
18.8453122	0.00602835	18.8453281	0.01298692	9.99362734	0.01793699
19.5387127	0.00625039	19.5394137	0.01358668	10.3403273	0.01855894
20.232112	0.00647244	20.2338656	0.01431665	10.6870273	0.01918087
20.9255117	0.0066945	20.9255711	0.01511174	11.0337273	0.01980278
21.6189115	0.00691659	21.6189594	0.01597071	11.3804277	0.02042466
22.3123115	0.00713869	22.3129516	0.01683271	11.7271266	0.02106516

23.0057115	0.0073608	23.0096023	0.01774296	12.0738203	0.02184603
23.6991113	0.00758294	23.6991109	0.01865325	12.4205273	0.02262669
24.3925125	0.00780509	24.3925219	0.01956355	12.7672277	0.02340742
25.0859118	0.00802725	25.0859422	0.02052503	13.1139211	0.02428776
25.7793122	0.00824944	25.7790633	0.02151275	13.4606234	0.02522786
26.4727121	0.00847164	26.4727344	0.02250085	13.807325	0.02622058
27.1661114	0.00869386	27.1665578	0.02350962	14.1540242	0.02728109
27.8595132	0.00891609	27.859468	0.02465618	14.5007273	0.02834165
28.5529109	0.00913834	28.5529195	0.02580627	14.8474281	0.02940228
29.2463126	0.00936061	29.2463516	0.02704723	15.1941273	0.03046299
29.9397116	0.0095829	29.9396828	0.02831785	15.5408273	0.03152375
30.6331111	0.00980521	30.6330563	0.02950023	15.8875281	0.03258458
31.3265111	0.01002753	31.3265234	0.03100042	16.2342273	0.03364548
32.0199114	0.01024987	32.0196609	0.03268047	16.5809281	0.03470644
32.713312	0.01047222	32.7132953	0.03437568	16.9276273	0.03576746
33.4067127	0.0106946	33.4067484	0.03655634	17.2743281	0.03682855
34.1001104	0.01091699	34.1001688	0.03862762	17.6210273	0.0378897
34.7935112	0.0111394	34.7937703	0.04048306	17.9677281	0.0389775
35.486912	0.01136182	35.4864141	0.04280061	18.3144273	0.04007465
36.1803126	0.01158427	36.1809594	0.04571057	18.6611281	0.04117185
36.873713	0.01180673	36.8741016	0.0482061	19.0078281	0.04226912
37.5671131	0.01202921	37.5674891	0.05032607	19.3545281	0.04336644
38.2605129	0.01225171	38.2603219	0.05273192	19.7012281	0.04446383
38.9539123	0.01247422	38.9537438	0.05531036	20.0479273	0.04556128
39.6473111	0.01269675	39.6473109	0.05927802	20.3946273	0.04666589
40.3407125	0.0129193	40.3418234	0.06487662	20.7415055	0.04792183
41.0341133	0.01314187	40.5154594	0.06648273	21.0881375	0.04928786
41.7275223	0.01337246	40.7740375	0.07062571	21.4347273	0.05067296
42.4209129	0.01370248	41.1641281	0.07908793	21.7814273	0.05215781
43.1143137	0.01460094	41.7495672	0.09361891	22.1281281	0.05364251
43.8077104	0.01665287	42.4425719	0.1200521	22.4750828	0.05580774
44.5011131	0.018705	42.6160672	0.12752551	22.8227297	0.05838985
45.1945121	0.02075732	42.8760891	0.13880269	23.1677297	0.06182175
45.8879137	0.02280984	43.2651484	0.19413792	23.5151031	0.066627
46.5813121	0.02486254	43.3638422	0.20168133	23.8621688	0.0730298
47.2747129	0.02691542	43.4609563	0.20930773	24.2077352	0.08065028
47.9681125	0.0290069	43.6072625	0.22508483	24.5550195	0.09041762
48.6615113	0.03175325	43.8275453	0.23690352	24.9017336	0.11209069
49.3549137	0.03470303	44.1556047	0.2544643	25.2484469	0.13209383
50.0483129	0.03775077	44.2791641	0.26192614	25.5951469	0.14579341
50.7417105	0.04121621	44.4642141	0.27166209	25.9418445	0.16192822
51.435448	0.04534588	44.741975	0.28219628	26.2884023	0.19771707
52.1288988	0.05014045	45.1584641	0.29315168	26.3750891	0.20527649



52.8222582	0.06066315	45.2786359	0.29787275	26.4076852	0.21175234
53.5154527	0.09777771	45.5420094	0.30549785	26.4565133	0.22159189
54.2084648	0.13197839	45.9	0.33292741	26.5296031	0.23662125
54.9021051	0.14406669	46.0357813	0.34881148	26.5571219	0.24261974
55.5953438	0.15597591	46.2312234	0.36883005	26.5673008	0.24485219
56.288907	0.16658929	46.5218531	0.3986651	26.5827289	0.24819802
56.9823125	0.17433015	46.6394016	0.41332313	26.5885117	0.25178295
57.6757063	0.1811814	46.6479703	0.41436082	26.5942961	0.255907
58.3693496	0.1885417	46.6636219	0.41677442	26.6000344	0.25959924
59.0625223	0.19810298	46.6698984	0.41775644	26.608782	0.26136225
59.7559305	0.21729037	46.6715391	0.41812456	26.6217164	0.26375079
60.4675832	0.23439205	46.6749969	0.41867688	26.6413289	0.26745036
61.1427207	0.24198464	46.6762234	0.41867784	26.670575	0.27293196
61.8361098	0.24814397	46.6774563	0.41868064	26.7145141	0.27829683
62.5295488	0.25375557	46.6775359	0.4186807	26.7804211	0.28631884
63.2228863	0.25891674	46.6775656	0.4186807	26.879243	0.29871497
63.9161902	0.26382527	46.6776094	0.41868073	27.0275094	0.31675205
64.6097324	0.26874557	46.6776125	0.41868076	27.2502367	0.34275177
65.3031145	0.27389011	46.6776203	0.41868076	27.5834891	0.37283927
65.9965752	0.27999496	46.6776203	0.41868076	27.9301969	0.39816448
66.6899193	0.2871756	46.6776203	0.41868076	28.2770531	0.43483713
67.383415	0.29627493	46.6776234	0.41868076	28.6235844	0.47472748
67.5566674	0.29905346	46.6776234	0.41868076	28.9703438	0.50855309
67.7879057	0.30673277	46.6776234	0.41868076	29.3169922	0.5334537
67.8410443	0.30916438			29.6637734	0.55556279
67.8655193	0.31159291			30.0103891	0.5845657
67.8894787	0.3139652			30.3571484	0.60978299
67.8921078	0.31396601			30.7037109	0.63220698
67.8955322	0.31491116			30.7905328	0.63851827
67.8989563	0.31548658			30.92045	0.64816904
67.9023875	0.31606185			31.1155125	0.6627841
67.9075311	0.31692424			31.4082477	0.68269259
67.9152432	0.31821683			31.7547203	0.69940627
67.9268129	0.32015151			32.1017195	0.71569246
67.9441764	0.32304195			32.4481891	0.73249668
67.9703092	0.32734671			32.7948148	0.75363874
68.0095111	0.33613324			33.1415047	0.77538377
68.0677604	0.35506725			33.2281813	0.78232098
68.1551887	0.37900275			33.2609203	0.78552675
68.1639734	0.38155767			33.2637359	0.78584123
68.1721723	0.38408002			33.2667859	0.78614968
68.1803936	0.38512111			33.2698344	0.78645813
68.1927328	0.38666922			33.2744031	0.78692073

68.2112273	0.38892618		33.2812609	0.78761446
68.218225	0.38975954		33.2915453	0.78865457
68.2286408	0.39102232		33.3069719	0.79001522
68.2442867	0.39290372		33.3301109	0.79199737
68.2677318	0.39572611		33.3648203	0.79496759
68.3028898	0.39994192		33.4167906	0.79950494
68.3161125	0.40151975		33.5004	0.80629236
68.3359166	0.40397564		33.612125	0.81635994
68.3656029	0.40673563		33.7878875	0.83871847
68.4100848	0.41031912		34.0513953	0.89727908
68.4769959	0.4156605		34.1171578	0.9138521
68.5771408	0.42360431		34.1335906	0.91829389
68.7273637	0.43581343		34.1584891	0.92861712
68.8774297	0.44860625		34.1955688	0.95889884
69.0281867	0.46189687		34.2095156	0.97202963
69.1782271	0.47192389		34.2233469	0.98604006
69.2157834	0.47469583		34.2372469	1.00069427
69.2534264	0.47738835		34.2581078	1.02235961
69.3097633	0.48655063		34.2893156	1.03890896
69.3173057	0.49002376		34.3206672	1.04797494
69.3287383	0.49521086		34.351925	1.05706656
69.3314396	0.49649507		34.3988188	1.07051682
69.3325494	0.49677724		34.4665375	1.09319746
69.3336154	0.49705929		34.4955813	1.10214603
69.3338779	0.49712896		34.5350469	1.11534381
69.3342809	0.49723539		34.5499797	1.12133801
69.3348797	0.49723563		34.5721703	1.1302098
69.3357768	0.49723595		34.5805969	1.13352323
69.3371256	0.49723646		34.5837453	1.13476074
69.3376297	0.49723667		34.5884953	1.13668811
69.3378174	0.49723673		34.5902156	1.13742471
69.3378877	0.49723676		34.5908656	1.13770092
69.3379932	0.49723682		34.5918563	1.138116
69.3380049	0.49723682		34.5922281	1.13827157
69.3380227	0.49723682		34.5927859	1.13827288
69.3380285	0.49723682		34.5929953	1.13827324
69.3380342	0.49723682		34.5933078	1.13827384
69.3380342	0.49723682		34.5937781	1.13827455
69.338033	0.49723703		34.5939531	1.13827717
69.338033	0.49723703		34.5940203	1.13827729
			34.5941203	1.13827741
			34.5942688	1.13827765
			34.5944906	1.13827872

				34.5945125	1.13827884
				34.5945438	1.13827884
				34.5945906	1.13827896
				34.5945953	1.13827896
				34.5945969	1.13827896
				34.5945969	1.13827896
				34.5945984	1.13827896
				34.5945984	1.13827896

