



**ANALISIS PEMODELAN PERILAKU BEBAN DAN PERPINDAHAN
PADA PORTAL 2 (DUA) LANTAI DENGAN BRACING EKSENTRIS
TIPE INVERTED V**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



AKBAR CATUR RAHMAN

NIM. 175060100111041

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2021



LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS PEMODELAN PERILAKU BEBAN DAN PERPINDAHAN
PADA PORTAL 2 (DUA) LANTAI DENGAN BRACING EKSENTRIS
TIPE INVERTED V

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



AKBAR CATUR RAHMAN

NIM. 175060100111041

Skrripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing

Pada tanggal 9 Februari 2022

Dosen Pembimbing I

Dr. Eng. Ir. Ming Narto Wijaya, ST., MT.,
M. Sc

NIP. 201102 840705 1 001

Dosen Pembimbing II

Ir. Ananda Insan Firdausy, ST., MT., M.Sc

NIP. 201607 900504 1 001

Mengetahui

Ketua Program Studi S1



Dr. Eng. Ir. Eva Arifi, ST., MT.

NIK. 201002 771203 2 001

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI :

Analisis Perilaku Beban dan Perpindahan pada Portal 2 (dua) Lantai dengan Bracing

Eksentris Tipe *Inverted V*

Nama Mahasiswa : Akbar Catur Rahman

NIM : 17506010011041

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji 1 : Dr. Eng Ir. Ming Narto W., ST, MT, M.Sc

Dosen Penguji 2 : Ir. Ananda Insan Firdausy, ST, MT ,M.Sc

Dosen Penguji 3 : Bhondana Bayu Brahmana K., ST., MT.

Tanggal Ujian : 16 Desember 2021

SK Penguji : 3747/UN10.F07/KP/2021



LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai 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, 16 Desember 2021



Akbar Catur Rahman
NIM. 175060100111041





UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 006/UN10.F07.11.11/PP/2022

Sertifikat ini diberikan kepada :

AKBAR CATUR RAHMAN

Dengan Judul Skripsi :

**ANALISIS PEMODELAN PERILAKU BEBAN DAN PERPINDAHAN
PADA PORTAL 2 (DUA) LANTAI DENGAN BRACING EKSENTRIS
TIPE INVERTED V**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan bebas dari plagiasi pada tanggal 19 Mei 2022



Departemen Teknik Sipil

Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

Ir. Eko Andi Suryo, ST., MT., Ph.D
NIP. 19761023 200604 1 002

Dr. Eng. Ir. Eva Arifi, ST., MT.
NIK. 201002 771203 2 001



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Rumusan Masalah.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Tujuan Penelitian.....	3
1.6. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Material Baja.....	4
2.2 Struktur Portal baja Tahan Gempa.....	5
2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).....	6
2.2.2 Sistem Rangka <i>Bracing</i> Konsentris (SRBK).....	6
2.2.3 Sistem Rangka <i>Bracing</i> Eksentris (SRBE).....	7
2.3 Elastisitas.....	8
2.4 Plastisitas.....	9
2.5 Kriteria Leleh.....	9
2.6 Perpindahan.....	9
2.7 Gaya Lateral.....	9
2.8 Analisis Statik Ekuivalen.....	10
2.9 <i>Load Application Control</i>	10
2.10 Tegangan (<i>Stress</i>).....	10
2.11 Regangan (<i>Strain</i>).....	11
2.12 Hubungan Tegangan dan Regangan (<i>Stress</i>).....	13
2.13 Konversi <i>True Stress – True Strain</i>	13
2.14 Balok Link (<i>Link Beam</i>).....	14
2.15 Tegangan <i>Von Mises</i>	15
2.16 <i>Software ABAQUS</i> versi 6.14-1 <i>Student Version</i>	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Metode Penelitian.....	17
3.2 Rancangan Penelitian.....	18
3.3 Variabel Penelitian.....	18



3.4	Pemodelan dengan <i>software</i> ABAQUS Student Edition.....	19
3.4.1	<i>Create part</i>	19
3.4.2	<i>Input Data</i>	20
3.4.3	<i>Create Section</i>	21
3.4.4	<i>Input Tumpuan</i>	22
3.4.5	<i>Assembly</i>	22
3.4.6	<i>Meshing</i>	23
3.4.7	<i>Input Pembebanan</i>	24
3.4.8	<i>Running dan Output</i>	24
3.4.9	Kesimpulan.....	24
3.5	Hipotesis Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		25
4.1	Pemodelan Struktur Portal <i>Bracing</i> Eksentris Tipe <i>Inverted V</i>	25
4.1.1	Gambaran Umum.....	25
4.1.2	Spesifikasi Material.....	26
4.2	Analisis Pemodelan Struktur Portal <i>Bracing</i> Eksentris Tipe <i>V</i>	28
4.3	Respon Struktur Akibat Pembebanan Statis.....	31
4.4	Hasil Analisis Portal <i>Bracing</i> Eksentris Tipe <i>Inverted V</i>	31
4.4.1	Hasil Analisis Portal <i>Bracing</i> Eksentris Tipe <i>Inverted V Meshing 4</i>	32
4.4.2	Hasil Analisis Portal <i>Bracing</i> Eksentris Tipe <i>Inverted V Meshing 25</i>	39
4.5	Hasil Momen Antar Pemodelan Portal <i>Bracing</i> Eksentris Tipe <i>Inverted V</i>	47
4.5.1	Hasil Momen Antar Pemodelan <i>Meshing 4</i>	47
4.5.2	Hasil Momen Antar Pemodelan <i>Meshing 25</i>	49
4.6	Hasil Perbandingan Pemodelan Struktur Pada Tiap <i>Meshing 4</i> dan <i>Meshing</i> 25 Eksentrisitas 0 cm, 60 cm, dan 120 cm.....	51
4.6.1	Hasil Lantai 1 <i>Meshing 4</i>	51
4.6.2	Hasil Lantai 2 <i>Meshing 4</i>	53
4.6.3	Hasil Lantai 1 <i>Meshing 25</i>	55
4.6.4	Hasil Lantai 2 <i>Meshing 25</i>	57
BAB V KESIMPULAN.....		59
1.7.	Kesimpulan.....	59
1.8.	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....		61



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Mekanis Baja Struktural 4

Tabel 4. 1 Dimensi Profil Baja Pemodelan Struktur Portal..... 27

Tabel 4. 2 Data True Stress dan True Strain..... 27

Tabel 4. 3 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe Inverted V Meshing 4 Lantai 1 Node Kiri .. 52

Tabel 4. 4 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe Inverted V Meshing 4 Lantai 1 Node Kanan 52

Tabel 4. 5 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe Inverted V Meshing 4 Lantai 2 Node Kiri .. 53

Tabel 4. 6 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe Inverted V Meshing 4 Lantai 2 Node Kanan 54

Tabel 4. 7 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe Inverted V Meshing 25 Lantai 1 Node Kiri 55

Tabel 4. 7 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe Inverted V Meshing 25 Lantai 1 Node Kanan 56

Tabel 4. 7 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe Inverted V Meshing 25 Lantai 2 Node Kiri 57

Tabel 4. 7 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe Inverted V Meshing 25 Lantai 2 Node Kanan 58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis Bentuk Rangka Bresing Konsentrik	7
Gambar 2. 2 Jenis - Jenis Bentuk Rangka Bresing Eksentrik.....	8
Gambar 2. 3 Kurva Hubungan True Stress – True Strain.....	13
Gambar 2. 4 Gaya-gaya yang bekerja pada link beam	14
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	17
Gambar 3. 2 Menggambar Koordinat untuk Membentuk Portal Bracing Eksentrisitas Inverted V	19
Gambar 3. 3 Input Data Mutu Baja	20
Gambar 3. 4 Input Data Dimensi Profil Baja	20
Gambar 3. 5 Input Data Mutu Baja ke Profil Baja.....	21
Gambar 3. 6 Create Section Bagian Balok.....	21
Gambar 3. 7 Proses Penginputan Tumpuan Jepit.....	22
Gambar 3. 8 Perintah Assembly	22
Gambar 3. 9 Input Jumlah Seeds Tiap Section Untuk Meshing.....	23
Gambar 3. 10 Hasil Dari Proses Meshing	23
Gambar 4. 1 Pemodelan Struktur Portal Bracing Tipe Inverted V Konsentris 0cm.....	25
Gambar 4. 2 Pemodelan Struktur Portal Bracing Tipe Inverted V Eksentris 60cm.....	26
Gambar 4. 3 Pemodelan Struktur Portal Bracing Tipe Inverted V Eksentris 120cm.....	26
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Tegangan & Regangan	27
Gambar 4. 5 Node pada Pemodelan Struktur Portal.....	28
Gambar 4. 6 Analisis Pemodelan Konsentris 0cm	29
Gambar 4. 7 Analisis Pemodelan Eksentris 60cm.....	30
Gambar 4. 8 Analisis Pemodelan Eksentris 120cm.....	30
Gambar 4. 9 Pembebanan pada Analisis Pemodelan Struktur Portal.....	31
Gambar 4. 10 Hasil Pemodelan 0 cm Meshing 4 Node Kiri	32
Gambar 4. 11 Hasil Pemodelan 0 cm Meshing 4 Node Kanan	33
Gambar 4. 12 Hasil Pemodelan 0 cm RF Total Meshing 4.....	33
Gambar 4. 13 Analisis Pemodelan Eksentris Tipe Inverted V 0 cm Meshing 4.....	34
Gambar 4. 14 Hasil Pemodelan 60 cm Meshing 4 Node Kiri	34
Gambar 4. 15 Hasil Pemodelan 60 cm Meshing 4 Node Kanan	35
Gambar 4. 16 Hasil Pemodelan 60 cm RF Total Meshing 4.....	36
Gambar 4. 17 Analisis Pemodelan Eksentris Tipe V 60 cm Meshing 4	36
Gambar 4. 18 Hasil Pemodelan 120 cm Meshing 4 Node Kiri	37
Gambar 4. 19 Hasil Pemodelan 120 cm Meshing 4 Node Kanan	38
Gambar 4. 20 Hasil Pemodelan 120 cm RF Total Meshing 4.....	38
Gambar 4. 21 Analisis Pemodelan Eksentris Tipe V 120 cm Meshing 4	39
Gambar 4. 22 Hasil Pemodelan 0 cm Meshing 25 Node Kiri	40
Gambar 4. 23 Hasil Pemodelan 0 cm Meshing 25 Node Kanan	40
Gambar 4. 24 Hasil Pemodelan 0 cm RF Total Meshing 25	41
Gambar 4. 25 Analisis Pemodelan Eksentris Tipe <i>Inverted V</i> 0 cm Meshing 25.....	41
Gambar 4. 26 Hasil Pemodelan 60 cm Meshing 25 Node Kiri	42



Gambar 4. 27 Hasil Pemodelan 60 cm Meshing 25 Node Kanan	43
Gambar 4. 28 Hasil Pemodelan 60 cm Meshing 25 Node Kanan	43
Gambar 4. 29 Analisis Pemodelan Eksentris Tipe <i>Inverted V</i> 60 cm Meshing 25	44
Gambar 4. 30 Hasil Pemodelan 120 cm Meshing 25 Node Kiri	44
Gambar 4. 31 Hasil Pemodelan 120 cm Meshing 25 Node Kanan	45
Gambar 4. 32 Hasil Pemodelan 120 cm RF Total Meshing 25	46
Gambar 4. 33 Analisis Pemodelan Eksentris Tipe <i>Inverted V</i> 120 cm Meshing 25	46
Gambar 4. 34 Hasil Nilai Momen Pada Portal Konsentris Meshing 4	47
Gambar 4. 35 Hasil Nilai Momen Pada Portal Eksentris 60 cm Meshing 4	48
Gambar 4. 36 Hasil Nilai Momen Pada Portal Eksentris 120 cm Meshing 4	48
Gambar 4. 37 Hasil Nilai Momen Pada Portal Konsentris Meshing 25	49
Gambar 4. 38 Hasil Nilai Momen Pada Portal Eksentris 60 cm Meshing 25	50
Gambar 4. 39 Hasil Nilai Momen Pada Portal Eksentris 120 cm Meshing 25	50
Gambar 4. 40 Grafik Gabungan Eksentris Tipe <i>Inverted V</i> Meshing 4 Lantai 1 Node Kiri	51
Gambar 4. 41 Grafik Gabungan Eksentris Tipe <i>Inverted V</i> Meshing 4 Lantai 1 Node Kanan	52
Gambar 4. 42 Grafik Gabungan Eksentris Tipe <i>Inverted V</i> Meshing 4 Lantai 2 Node Kiri	53
Gambar 4. 43 Grafik Gabungan Eksentris Tipe <i>Inverted V</i> Meshing 4 Lantai 2 Node Kanan	54
Gambar 4. 44 Grafik Gabungan Eksentris Tipe <i>Inverted V</i> Meshing 25 Lantai 1 Node Kiri	55
Gambar 4. 45 Grafik Gabungan Eksentris Tipe <i>Inverted V</i> Meshing 25 Lantai 1 Node Kanan	56
Gambar 4. 46 Grafik Gabungan Eksentris Tipe <i>Inverted V</i> Meshing 25 Lantai 2 Node Kiri	57
Gambar 4. 47 Grafik Gabungan Eksentris Tipe <i>Inverted V</i> Meshing 25 Lantai 2 Node Kiri	58

RINGKASAN

AKBAR CATUR RAHMAN, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, September, 2021, Analisis Pemodelan Perilaku Beban dan Perpindahan pada Portal 2 (dua) Lantai dengan *Bracing* Eksentris Tipe *Inverted-V*. Dosen pembimbing: Dr. Eng. Ming Narto W., ST., MT., M.Sc dan Ir. Ananda Insan Firdausy, ST., MT., M.Sc.

Mendirikan sebuah bangunan di dalam negara Indonesia memerlukan perhitungan yang khusus dan benar, karena Indonesia merupakan salah satu negara dengan kejadian gempa bumi paling sering karena letak Indonesia sendiri berada di antara lempeng Pasifik, lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Gempa bumi adalah bencana alam yang terjadi secara alami disebabkan karena lepasnya energi yang dapat menyebabkan pergeseran lapisan-lapisan pada atmosfer bumi. Lepasnya energi ini dapat mengakibatkan bencana gempa bumi yang dihasilkan akibat tekanan dari proses gerakannya lempeng bumi. Dampak yang terjadi adalah gedung - gedung yang berdiri diatas maupun dibawah tanah bisa runtuh akibat getaran lapisan tanah karena gelombang gempa. Faktor - faktor kerusakan pada bangunan - bangunan tergantung dari besarnya kekuatan getaran dan jarak dari pusat gelombang gempa serta kekuatan konstruksi dari bangunan itu sendiri.

Dalam merencanakan bangunan tahan gempa, struktur bangunan membutuhkan penggunaan *bracing* sebagai pengaku. Penggunaan *bracing* ini sendiri dapat digunakan untuk menahan gaya vertikal seperti beban gravitasi dan gaya horizontal atau lateral seperti beban gempa, sehingga dapat mencegah goyangan berlebih pada struktur. Pada penelitian ini, akan membahas tentang analisis portal 2 (dua) lantai dengan *bracing* eksentris tipe *Inverted-V*. Penelitian ini dilakukan dengan pemodelan struktur bangunan sistem EBF (*Eccentrically Braced Frame*) karena sistem rangka baja tersebut memiliki manfaat dalam arsitektural karena konfigurasi struktur portal EBF mempunyai celah yang dapat dimanfaatkan untuk fungsi pintu, jendela dan lainnya. Dalam analisisnya, perencanaan portal akan diberi beban statis secara terus menerus hingga struktur portal runtuh.

Setelah dilakukan analisis pada tiga model portal dengan eksentritas yang berbeda-beda pada tiap modelnya, hasil dari analisis portal 2 lantai dengan *bracing* eksentris tipe *Inverted-V* dengan program software ABAQUS *Student Version* yang mampu menahan beban maksimal terbesar merupakan portal 2 lantai dengan *bracing* konsentris atau 0 cm dengan nilai reaksi total sebesar 48,3230 ton dengan *meshing* 4 dan 47,2056 ton dengan *meshing* 25. Portal 2 lantai dengan *bracing* eksentrisitas 120 cm mendapatkan nilai gaya reaksi atau mampu menahan beban maksimal paling kecil dari lainnya dengan nilai total



sebesar 24,4016 ton dengan *meshing* 4 dan 22,9401 ton dengan *meshing* 25. Sedangkan struktur portal 2 lantai *bracing* eksentris yang mempunyai nilai perpindahan terkecil adalah struktur portal konsentris atau eksentrisitas 0 cm dengan nilai sebesar 12,1816 mm pada lantai 1 dan 28,4741 mm pada lantai 2 dengan *meshing* 25. Kemudian struktur portal 2 lantai *bracing* eksentris dengan nilai perpindahan terbesar merupakan struktur portal eksentris 120 cm dengan nilai sebesar 155,7625 mm pada lantai 1 dan 401,8759 mm pada lantai 2 dengan *meshing* 4.

Kata Kunci : Portal 2 lantai, *bracing* eksentris, *inverted V*, analisis, beban statis, beban dan perpindahan, ABAQUS *Student Edition*.

SUMMARY

AKBAR CATUR RAHMAN, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering Universitas Brawijaya, September, 2021, Analysis of Load and Displacement Behavior Modeling on a 2 (two) Floor Portal with Bracing Type Eccentric Inverted-V Supervisor: Dr. eng. Ming Narto W., ST., MT., M.Sc and Ir. Ananda Insan Firdausy, ST., MT., M.Sc.

Establishing a building in Indonesia requires special and correct calculations, because Indonesia is one of the countries with the most frequent occurrences of earthquakes because Indonesia's geographical location is at the confluence of 3 earth plates, namely the Eurasian Plate, the Pacific Plate and the Indo-Australian Plate. Earthquakes are natural disasters that occur naturally due to the release of energy that can cause a shift in the layers of the earth's atmosphere. The release of this energy can lead to catastrophic earthquakes that are generated due to pressure from the process of moving the earth's plates. The impact that occurs is that buildings that stand above the earth's surface or below the ground can be damaged and destroyed due to vibrations in the soil layer due to the earthquake. Damage to these buildings depends on the magnitude of the vibration strength and the distance to the source of the earthquake point as well as the strength of the building construction itself.

In planning earthquake-resistant buildings, the use of bracing as stiffeners. The use of bracing itself can be used to withstand vertical forces such as gravity loads and horizontal or lateral forces such as earthquake loads, so as to prevent excessive swaying of the structure. In this study, we will discuss the analysis of a 2 (two) floor portal with bracing type eccentric Inverted. This research was conducted by modeling the structure of the EBF system (Eccentrically Braced Frame) because the steel frame system has architectural benefits because the configuration of the EBF portal structure has gaps that can be used for door, window and other functions. In the analysis, the design of the portal will be given a static load continuously until the portal structure collapses.

After analyzing three portal models with different eccentricities in each model, the results of the analysis of a 2-storey portal with bracing type eccentric inverted with the ABAQUS Student Version that is able to withstand the largest maximum load is a 2-storey portal with bracing concentric with a total reaction value of 48.3230 tons with a meshing of 4 and 47.2056 tons with a meshing 25. A 2-storey portal with bracing of 120 cm gets a reaction force value or is able to withstand the smallest maximum load than others with a total value



of 24.4016 tons with a meshing 4 and 22.9401 tons with a meshing of 25. While the 2-story bracing has a displacement value. the smallest is the concentric portal structure or 0 cm eccentricity with a value of 12.1816 mm on the 1st floor and 28.4741 mm on the 2nd floor with a meshing of 25. Then the 2-story bracing with the largest displacement value is an eccentric portal structure of 120 cm with a value of of 155.7625 mm on the 1st floor and 401.8759 mm on the 2nd floor with meshing 4.

Keywords: 2 story portal, bracing eccentric inverted V, analysis, static load, load and displacement, ABAQUS Student Edition.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mendirikan sebuah bangunan di dalam negara Indonesia memerlukan perhitungan yang khusus dan benar, karena Indonesia merupakan salah satu negara dengan kejadian gempa bumi paling sering karena letak Indonesia sendiri berada di antara lempeng Pasifik, lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Gempa bumi adalah bencana alam yang terjadi secara alami disebabkan karena lepasnya energi yang dapat menyebabkan pergeseran lapisan-lapisan pada atmosfer bumi. Lepasnya energi ini dapat mengakibatkan bencana gempa bumi yang dihasilkan akibat tekanan dari proses gerakannya lempeng bumi. Dampak yang terjadi adalah gedung - gedung yang berdiri diatas maupun dibawah tanah bisa runtuh akibat getaran lapisan tanah karena gelombang gempa. Faktor - faktor kerusakan pada bangunan – bangunan tergantung dari besarnya kekuatan getaran dan jarak dari pusat gelombang gempa serta kekuatan konstruksi dari bangunan itu sendiri.

Pergerakan tanah akibat gelombang gempa bumi ini menyebabkan bangunan atau gedung menjadi goyah disaat terjadinya gempa bumi sehingga dapat menjadikan konstruksi bangunan tidak kokoh dan lemah, bahkan bisa mengalami keruntuhan. Oleh karena itu, wilayah - wilayah pada zona gempa harus membuat bangunan rumah atau gedung dengan sistem konstruksi tahan gempa, supaya mencegah dampak - dampak akibat gempa seperti kerugian uang dan korban yang meninggal akibat gempa karena keruntuhan bangunan yang terjadi disaat gempa berlangsung menjadi alasan penting diperlukannya perencanaan konstruksi bangunan tahan gempa.

Pada penelitian ini, akan membahas tentang analisis portal 2 lantai dengan *bracing* eksentris tipe *Inverted-V*. Dalam merencanakan bangunan tahan gempa, struktur bangunan membutuhkan penggunaan *bracing* sebagai pengaku. Penelitian ini dilakukan dengan pemodelan struktur bangunan sistem EBF (*Eccentrically Braced Frame*) karena sistem rangka baja tersebut memiliki manfaat dalam arsitektural karena konfigurasi struktur portal EBF mempunyai celah yang dapat dimanfaatkan untuk fungsi pintu, jendela dan lainnya. Dalam analisisnya, perencanaan portal akan diberi beban statis secara terus menerus hingga struktur portal runtuh.

Dalam penelitian ini akan membahas tentang analisis tentang bagaimana perilaku beban dan perpindahan dari sistem rangka portal 2 lantai dengan konfigurasi *bracing* eksentris tipe

Inverted-V menggunakan *software* ABAQUS untuk memudahkan dalam mendesain dan perhitungan analisis struktur akibat beban yang direncanakan.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari rangkaian sesuai tulisan diatas, maka pokok masalah yang dibahas pada penelitian ini yaitu untuk memahami perilaku beban dan perpindahan pada struktur portal 2 lantai dengan konfigurasi *bracing* eksentris tipe *Inverted-V*. Pada analisis ini, variasi yang digunakan berupa jarak atau ukuran eksentris *bracing* terhadap struktur portal 2 lantai dengan *bracing* eksentris tipe *Inverted-V*.

1.3 Rumusan Masalah

Sesuai dengan identifikasi masalah, berikut adalah rumusan - rumusan masalah yang akan dibahas pada analisis ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh dari eksentrisitas tipe *Inverted-V* pada struktur portal dua lantai terhadap perilaku beban struktur portal?
2. Bagaimana pengaruh dari eksentrisitas tipe *Inverted-V* pada struktur portal dua lantai terhadap perilaku perpindahan struktur portal?

1.4 Batasan Masalah

Batasan - batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Jenis *bracing* yang dipakai pada penelitian ini menggunakan *bracing* dengan konfigurasi *Inverted-V* (v-terbalik).
2. Ukuran profil yang digunakan sesuai dengan buku tabel profil penampang baja dari Ir. Morisco dengan ukuran :
 - a. Dimensi Kolom = WF 300.200.8.12,
 - b. Dimensi Balok = WF 200.150.6.9,
 - c. Dimensi *Bracing* = WF 100.100.6.8
3. Portal digunakan ukuran 4 m x 4 m pada kedua lantai.
4. Baja yang dipakai pada struktur yaitu baja dengan mutu BJ-37 sesuai dengan SNI 03 – 1729 – 2002.
5. 0 cm, 60 cm, dan 120 cm adalah variasi nilai eksentrisitas yang digunakan
6. Beban yang digunakan adalah beban statis secara lateral.
7. Elemen balok pada struktur dengan balok *link* menjadi satu kesatuan.
8. Pemodelan dan analisis struktur memakai ABAQUS versi 6.14-1 *student version*.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh nilai eksentrisitas dari *bracing Inverted-V* pada portal 2 lantai akibat beban lateral terhadap perilaku struktur.
2. Mengetahui pengaruh nilai eksentrisitas dari *bracing Inverted-V* pada portal 2 akibat beban lateral terhadap perpindahan struktur.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari analisis ini adalah:

1. Bagi penulis:

Bisa memahami dan membandingkan perbedaan perilaku beban dan perpindahan struktur portal 2 lantai dengan *bracing eksentris* tipe *Inverted-V* dengan struktur portal tahan gempa lainnya

2. Bagi pembaca:

Bisa menjadi salah satu bahan referensi untuk penelitian berikutnya, sehingga diharapkan bisa menambah pengetahuan dan referensi mengenai sistem rangka *bracing* pada suatu struktur portal baja.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Baja

Material baja merupakan material campuran logam yang terbuat dari besi dan karbon dimana besi adalah unsur utama dan karbon sebagai unsur penguat. Baja mempunyai sifat - sifat mekanis yang bisa digunakan dalam merencanakan konstruksi bangunan, berikut tabel dibawah merupakan syarat - syarat minimum baja dalam dunia konstruksi khususnya gedung :

Jenis baja	Tegangan putus minimum, Fu (MPa)	Tegangan leleh minimum, Fu (MPa)
BJ. 33	330	200
BJ. 34	340	210
BJ. 37	370	240
BJ. 41	410	250
BJ. 44	440	280
BJ. 50	500	290
BJ. 52	520	360

(Tata cara perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung hal. 11)

Tabel 2.1 Sifat – Sifat Mekanis Baja Struktural

Besar nilai tegangan leleh dan tegangan putus untuk perencanaan gedung tidak diperbolehkan melebihi besar nilai yang berada pada tabel diatas. Selain diatas, terdapat sifat mekanis baja yang lainnya yaitu :

$$\text{Modulus Geser (G)} = 80.000 \text{ MPa}$$

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

$$\text{Angka Poisson} = 0,30$$

$$\text{Koefisien pemuaian } (\alpha) = 12 \times 10^{-6}$$

Bahan baja sebagai material konstruksi mempunyai beberapa keunggulan dibanding material lain, diantaranya :

1. Memiliki daya kuat yang tinggi dan ringan, sehingga bisa mengurangi berat struktur dan memperkecil ukuran struktur. Hal ini sangat menguntungkan untuk perencanaan struktur gedung tinggi dan bangunan - bangunan yang memiliki kondisi tanah kurang mendukung.
2. Sesuai dengan Hukum Hooke, saat material baja mencapai tegangan yang cukup tinggi maka akan berperilaku elastis karena mempunyai nilai elastisitas cukup tinggi sehingga memudahkan saat proses analisis maupun perencanaan struktur konstruksi karena nilai momen inersia dari profil baja bisa dihitung secara pasti..
3. Jika dibandingkan dengan beton bertulang yang mempunyai banyak unsur - unsur penyusunnya, maka baja mempunyai nilai ketahanan umur yang tinggi karena keseragamannya jika langkah - langkah perawatan dilaksanakan dengan benar
4. Kemudahan sambungan antar elemen baja yang satu dengan lainnya, yaitu dengan menggunakan sambungan baut atau sambungan las. Baja juga mudah dibentuk menjadi penampang sesuai dengan keinginan karena prosesnya sendiri melalui proses gilas panas. Konstruksi baja juga menjadi suatu keunggulan sendiri dalam waktu pelaksanaan konstruksi karena lebih cepat.
5. Nilai daktilitas material baja lebih tinggi dibandingkan material beton karena saat suatu batang baja menerima tegangan plastis maka baja akan mengalami regangan yang cukup besar sebelum terjadi keruntuhan akibat tegangan tersebut. Sehingga mampu mencegah robohnya bangunan secara tiba – tiba

2.2 Struktur Portal Baja Tahan Gempa

Perencanaan bangunan tahan gempa merupakan bangunan yang didesain untuk menghindari kegagalan ataupun keruntuhan struktur bangunan dan adanya korban akibat bencana gempa seperti prinsip menurut Moestopo (2012). Terdapat 3 jenis pemodelan sistem rangka baja didesain untuk bangunan tahan gempa :

2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

SRPM merupakan suatu sistem rangka dimana komponen – komponen strukturnya dan *joint* untuk menahan gaya yang bekerja berupa gaya lentur, geser dan aksial. SRPM ini sendiri dibagi menjadi tiga tipe, yakni:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Sistem yang mempunyai deformasi inelastik dan nilai daktilitas yang terkecil dibanding lainnya tetapi memiliki kekuatan yang besar sehingga sistem rangka ini cenderung digunakan di zona wilayah gempa kecil.

2. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPMM)

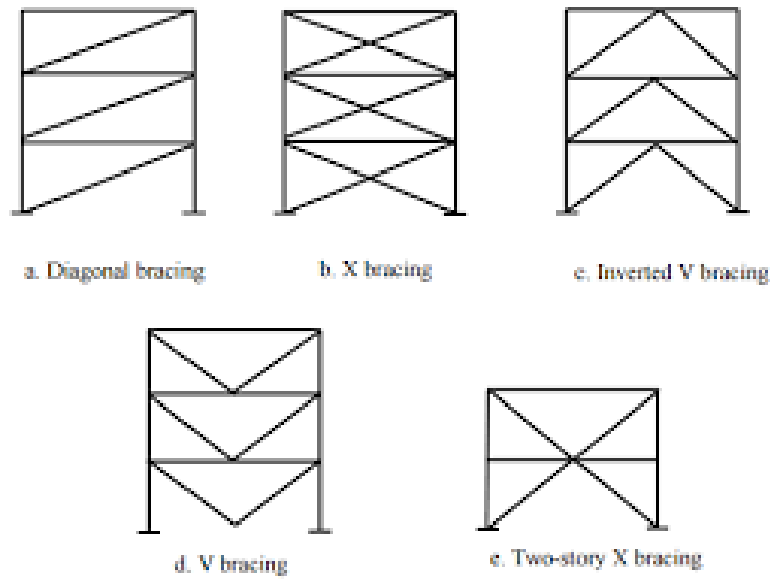
Sistem yang mempunyai deformasi inelastik dan nilai daktilitas sedang sehingga sistem rangka ini digunakan di zona wilayah gempa sedang.

3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Sistem rangka ini dapat menahan gaya akibat beban gempa dan mampu menahan gaya lentur. Sistem ini pada dasarnya mempunyai nilai daktilitas penuh dan harus diaplikasikan pada zona dengan resiko gempa yang tinggi.

2.2.2 Sistem Rangka B्रेसing Konsentrik (SRBK)

SRBK merupakan sistem rangka untuk menahan gaya lateral serta mempunyai tingkat kekakuan yang baik. Kekakuan pada sistem ini disebabkan karena elemen pengaku atau *bracing* sebagai unsur penahan gaya lateral yang terjadi pada struktur rangka. Sistem ini memiliki daktilitas yang kurang baik sehingga kegagalan struktur ini ditentukan oleh tekuk *bracingnya*. Berikut beberapa jenis dari SRBK :

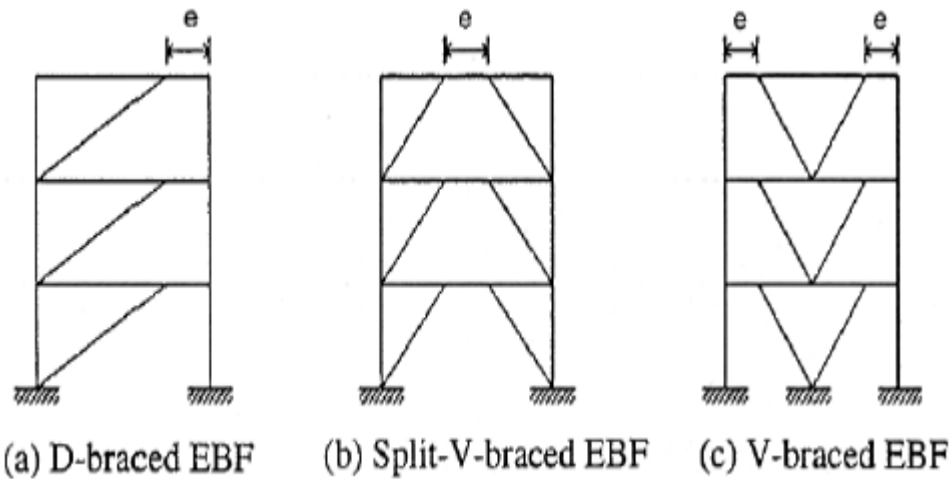


Gambar 2.1 Jenis Bentuk Rangka Bresing Konsentrik

2.2.3 Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE)

SRBE merupakan sistem struktur yang berpotensi untuk menahan gaya lateral yang terjadi pada struktur karena mempunyai kekakuan yang sedang dan dapat memenuhi kondisi batas nilai simpangan antar lantai, pendisipasian energi yang cukup baik, dan perilaku inelastik yang sangat baik (Popoy dan Roeder., 1978).

Satu elemen dari SRBE yang dapat mendisipasi energi dengan baik adalah *link beam* atau balok *link*. Saat struktur menerima beban akibat gempa, maka balok *link* akan mengalami leleh geser atau leleh lentur sedangkan elemen yang lainnya tetap berperilaku elastik. Para elemen struktur selain balok *link* harus direncanakan lebih kuat daripada balok *link* agar bisa menjaga struktur tetap stabil dan utuh (Bohl., 2005).



Gambar 2.2 Jenis – Jenis Bentuk Rangka B्रेसing Eksentrik

2.3 Elastisitas

Sifat elastisitas merupakan sifat yang dimiliki oleh suatu material yang bisa menyebabkan material tersebut dapat kembali ke bentuk semula setelah diberi beban hingga mengalami perubahan bentuk.

Nilai elastisitas material ditentukan oleh modulus elastisitas, yang didapat dari hasil pembagian antara tegangan dan regangan.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2.1)$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas (Mpa)

σ = Tegangan (Mpa)

ϵ = Regangan

Nilai modulus elastisitas untuk semua jenis baja (secara relatif, tidak tergantung dari kuat leleh) sebesar 28000 hingga 30000 ksi (193000 hingga 207000 Mpa). Nilai modulus elastisitas untuk desain biasanya diambil sebesar 29000 ksi (200000 Mpa). Sesuai Peraturan Perencanaan Bangunan Indonesia (PPBBI), nilai modulus elastisitas baja yang *standard* sebesar $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ ($2,1 \times 10^5 \text{ MPa}$).

2.4 Plastisitas

Sifat plastisitas merupakan sifat yang dimiliki oleh suatu material ketika beban diberikan kepada material tersebut hingga mengalami perubahan bentuk kemudian beban dihilangkan tetapi material tersebut tidak dapat kembali sepenuhnya ke bentuk awal. Peningkatan pembebanan yang melebihi kekuatan luluh hingga mengakibatkan deformasi permanen bisa disebut plastisitas.

2.5 Kriteria Leleh

Kriteria untuk tegangan leleh merupakan tegangan yang boleh terjadi jika baja mulai meleleh. Hubungan tegangan dan regangan pada grafik tidak linear pada batas daerah plastis dan daerah elastis sulit untuk ditentukan sehingga dapat didefinisikan sebagai kekuatan luluh.

Kenyataannya sulit untuk bisa menentukan nilai besarnya tegangan leleh pada baja, karena seringkali perubahan dari yang semula dari elastis menjadi plastis besarnya tidak tetap. Oleh karena itu, standar untuk menentukan besarnya tegangan leleh dapat dihitung dengan cara menarik garis sejajar dengan kemiringan sudut modulus elastisitasnya dari regangan senilai 0.2 %.

2.6 Perpindahan

Analisis pada struktur mencakup penentuan tanggap atau *respons* sistem struktur terhadap beban maupun pengaruh dari luar struktur yang bekerja terhadap sistem struktur tersebut. Akibat faktor beban yang bekerja maupun pengaruh dari luar, *respons* pertama sistem struktur yang terjadi adalah adanya perubahan dari konfigurasi atau kedudukan semula yaitu struktur berpindah ke konfigurasi akhir dimana terjadinya keseimbangan akibat pengaruh dari gaya luar. Hal ini dinamakan medan perpindahan (*displacement field*) yaitu salah satu bentuk *respons* struktur terhadap beban yang bekerja dan dari pengaruh luar.

2.7 Gaya Lateral

Gaya lateral pada penelitian ini didefinisikan sebagai beban dari arah horizontal. Besar beban lateral yang harus ditahan oleh pondasi sangat bergantung dari rangka bangunan yang mengirimkan gaya lateral tersebut ke bagian kolom bawah. Pada beban horizontal yang terjadi, selain gaya lateral terdapat gaya momen yang bekerja pada pondasi struktur yang diakibatkan oleh 3 faktor yaitu gaya gempa, beban statis dan gaya angin yang terjadi pada struktur atas.

2.8 Analisis Statik Ekuivalen

Analisis Statik Ekuivalen adalah metode analisis struktur pengaruh gempa, dimana gaya atau beban akibat gempa terhadap struktur diasumsikan atau dianggap sebagai beban horizontal yang bersifat statik akibat dari gerakan tanah.

2.9 Load Application Control

Load Application Control sendiri dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Load Control

Jenis ini digunakan apabila beban dan gaya yang akan digunakan telah diketahui besarnya. Penggunaan *Load Control* dilakukan saat pembesaran beban yang diberikan kepada struktur diperkirakan dapat menahan beban tersebut (Parung, Amirudding, dan Nurdianti, 2013).

2. Displacement Control

Penggunaan jenis ini apabila beban dan gaya yang akan digunakan belum diketahui besarnya. *Displacement Control* digunakan sebagai kontrol simpangan yang terjadi pada struktur yang telah diberi beban atau gaya apakah telah mencapai simpangan target.

2.10 Tegangan (*Strees*)

Definisi dari tegangan merupakan ketahanan material terhadap gaya atau beban yang diukur dalam satuan gaya per luas permukaan. Tegangan normal merupakan tegangan yang tegak lurus terhadap permukaan material dimana tegangan tersebut diberikan berupa tekanan atau tarikan.

Menurut sumber Marciniak dkk. (2002) tegangan dapat dibedakan menjadi dua jenis, *engineering stress* dan *true stress*. Rumus dari *Engineering stress* adalah :

1. Engineering stress

$$\sigma_{\text{eng}} = \frac{F}{A_0}$$

dimana:

$$\sigma_{\text{eng}} = \text{Engineering Stress (Mpa)}$$

A_0 = Luas permukaan awal (mm^2)

F = Gaya (N)

2. True stress

$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

dimana :

F = Gaya (N)

A = Luas permukaan aktual (mm^2)

σ_t = True stress (Mpa)

Nilai tegangan normal dapat dianggap positif saat tarikan atau *tensile* dan dianggap negatif saat menimbulkan tekanan.

2.11 Regangan (*Strain*)

Definisi dari regangan adalah perubahan bentuk material atau ukuran dari panjang semula, hasil akibat gaya atau beban menekan atau menarik terhadap material. Jika suatu sample struktur material diikatkan ke jepitan mesin pengujian kemudian diberi beban dengan spesifikasi pertambahan panjang akibat beban tersebut diamati secara serempak, maka bisa dikatakan bahwa pengamatan terhadap grafik dimana ordinat tersebut menyatakan beban dan absis menggambarkan pertambahan panjang dari material.

Marciniak dkk. (2002) menyebutkan bahwa regangan bisa dibedakan menjadi dua jenis yaitu, *engineering strain* dan *true strain*

Rumus dari *Engineering strain* adalah sebagai berikut:

$$\epsilon_{eng} = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\% = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \quad 2.4$$

Dimana :

ϵ_{eng} = *Engineering strain*

Δl = Perubahan panjang

l_0 = Panjang mula-mula

l = Panjang setelah diberi gaya

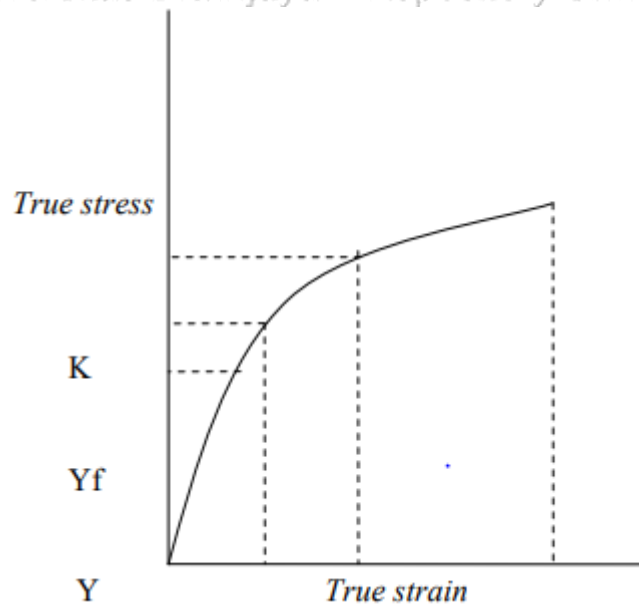
Nilai *true strain* harus dihitung dengan cara bertahap atau *increment strain*, dimana regangan bisa dihitung saat kondisi dimensi dari benda saat itu atau kondisi sebenarnya, serta tidak dihitung berdasarkan panjang semula dimensi benda. Maka rumus untuk regangan untuk *true strain* (ϵ) adalah :

$$\epsilon_t = \int d\epsilon = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0} \quad 2.5$$

2.12 Hubungan Tegangan dan Regangan

Persamaan dari kurva hubungan Tegangan – Regangan dalam bentuk eksponensial adalah sebagai berikut: dengan $\sigma = K\epsilon^n$

Dimana : K = Strength coefficient ; n = Hardening exponent



Gambar 2.3 Kurva Hubungan *True Stress* – *True Strain*

2.13 Konversi *True Stress* – *True Strain*

Nilai *true stress* bisa didapatkan dari konversi nilai *engineering stress* – *strain*, berikut merupakan langkah-langkahnya:

- Diasumsikan bahwa volume material tersebut konstan (hanya dapat dipakai apabila material belum mengalami tekuk)

$$A_L = A_0 \cdot L_0 \quad (2.6)$$

Sehingga,

$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{FL}{A_0 L_0} \quad (2.7)$$

$$\epsilon_c = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{l}{l_0} - 1 \quad (2.8)$$

Sehingga,

$$\sigma_t = \frac{F}{A_0} (1 + \epsilon_c) \quad (2.9)$$

$$\sigma_t = \sigma_e (1 + \varepsilon_e) \quad 2.10$$

True strain didapatkan dari konversi *engineering strain*, berikut langkah-langkahnya:

- $\varepsilon_t = \ln \frac{l}{l_0}$ 2.11

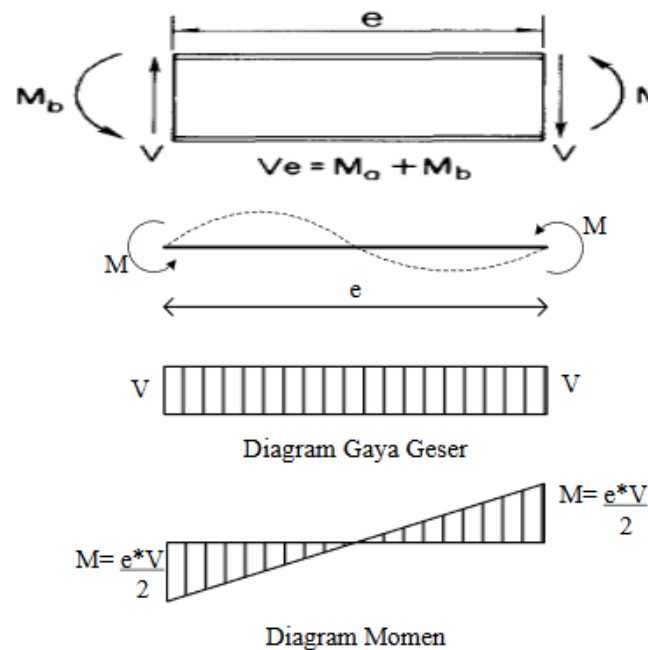
- $\varepsilon_e = \frac{l}{l_0} - 1$ 2.12

Sehingga,

- $\varepsilon_t = \ln (1 + \varepsilon_e)$ 2.13

2.14 Balok Link (*Link Beam*)

Cara SRBE (Sistem Rangka B्रेसing Eksentris) untuk mendisipasi energi seismik yaitu dengan mengatur terjadinya leleh geser, lentur, atau gabungan keduanya di sebuah segmen kecil pada balok yang disebut *link beam* akibat dari eksentrisitas. Pada SRBE, *link beam* perlu direncanakan hingga pendetailan agar memiliki kekuatan dan daktilitas yang bisa memenuhi syarat. Struktur lain selain *link beam* yaitu segmen balok diluar *link beam*, kolom, *bracing*, dan sambungan - sambungan direncanakan secara proporsional dan harus sesuai dengan desain kapasitas dasar.



Gambar 2.4 Gaya-gaya yang bekerja pada *link beam*

(Sumber : Engelhart and Popov, 1998 ; Becker and M. Isler, 1996)

2.15 Tegangan Von Mises

Saat kondisi tegangan berupa multiaksial, diperlukannya definisi leleh yang jelas. Maksud dari definisi ini adalah kondisi leleh atau teori keruntuhan yang merupakan bentuk persamaan dari interaksi antara tegangan – tegangan multiaksial yang bekerja.

Perhitungan Tegangan efektif Von Mises dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$\sigma_e^2 = \frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \leq f_y^2$$

2.2

Keterangan :

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ = tegangan utama (Mpa)

σ_e = tegangan efektif (Mpa)

f_y = tegangan leleh (Mpa)

Jika nilai σ_3 mendekati 0 maka nilai tersebut akan diabaikan karena sistem struktur yang bekerja ada pada dua sumbu saling tegak lurus, sehingga tegangan efektif diperhitungkan dengan rumus:

$$\sigma_e^2 = \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2 \leq f_y^2 \quad 2.3$$

atau,

$$\frac{\sigma_1^2}{f_y^2} + \frac{\sigma_2^2}{f_y^2} - \frac{\sigma_1\sigma_2}{f_y^2} \leq 1$$

2.4

Sesuai teori Von Mises, titik leleh dari kondisi geser murni terjadi saat $\sigma_2 = -\sigma_1$ serta $\tau = \sigma_1$, maka $\sigma_2 = -\sigma_1$ akan disubstitusikan kedalam persamaan berikut:

$$\sigma_e^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1(-\sigma_1) = 3\sigma_1^2 = 3\tau_y^2 = f_y^2 \quad 2.5$$

Sehingga diperoleh nilai:

$$\tau_y = \frac{1}{\sqrt{3}} f_y = 0,6 f_y \quad 2.6$$

2.16 *Software ABAQUS versi 6.14-1 Student Version*

Software ABAQUS merupakan program untuk simulasi rekayasa yang didasarkan dengan cara metode elemen hingga dan bisa memecahkan masalah dari analisis linier *relative* yang sederhana hingga simulasi non linier yang kompleks. Selain dirancang sebagai alat simulasi untuk keperluan umum, *software ABAQUS* ini juga berfungsi untuk mempelajari lebih dari sekedar masalah struktural, mampu menyimulasikan berbagai masalah di berbagai macam bidang contohnya seperti mekanika tanah, manajemen termal dari komponen listrik, perpindahan panas, dan lain - lain.

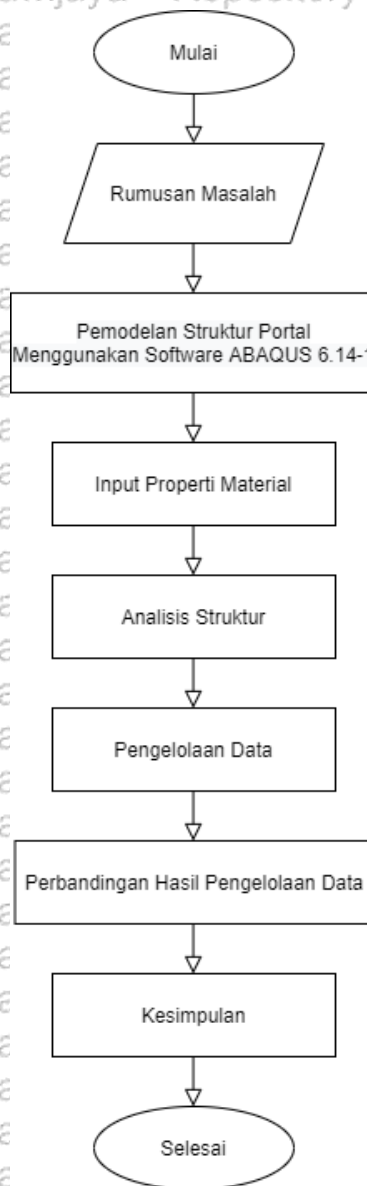
Software ABAQUS ini sendiri berisi referensi yang luas mulai unsur-unsur yang bisa membuat pemodelan hampir semua jenis geometri. *Software* ini juga memiliki referensi yang luas mulai dari bentuk model material yang bisa menyimulasikan perilaku dari sebagian besar bahan yang direkayasa termasuk beton bertulang, logam, karet, komposit, polimer, busa yang lentur dan kuat, tanah dan batuan.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, perencanaan Sistem Rangka *Bracing* Eksentris tipe *Inverted V* akan dianalisis menggunakan *software* ABAQUS versi 6.14-1 *Student Version*. Penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Kota Malang, Jawa Timur dan waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2021

3.1 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

3.2 Rancangan Penelitian

Penulis melakukan penelitian eksperimental untuk mendapatkan dan mengetahui hubungan dari setiap variabel yang ada. Penelitian ini merupakan analisis perpindahan dan perilaku beban terhadap struktur portal dua lantai yang menggunakan *bracing* tipe *Inverted-V*. Penggunaan *bracing* pada portal juga akan diperhatikan eksentrisitasnya, penelitian ini menggunakan variasi eksentrisitas yaitu 0 cm sebagai *bracing* konsentris, 60 cm sebagai *short link*, 120 cm sebagai *long link*. Portal yang dianalisis nantinya akan menggunakan baja dengan mutu BJ 37 dengan profil *wide flange* berdasarkan tabel Ir. Morisco sebagai referensi, yang mana pembagian dimensinya yaitu 300.200.8.12 untuk kolom, 200.150.6.9 untuk balok, 100.100.6.8 untuk *bracing*. Karena tujuan penelitian ini adalah untuk mengurangi rumah tinggal yang runtuh akibat gempa, maka dimensi portal yang digunakan yaitu 4m x 4m pada kedua lantai berdasarkan ukuran rumah tinggal pada umumnya. Pembebanan yang digunakan dalam pengujian portal hanya akan menggunakan gaya lateral saja.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel – variabel bebas dan terikat yang digunakan pada penelitian analisis ini sebagai berikut:

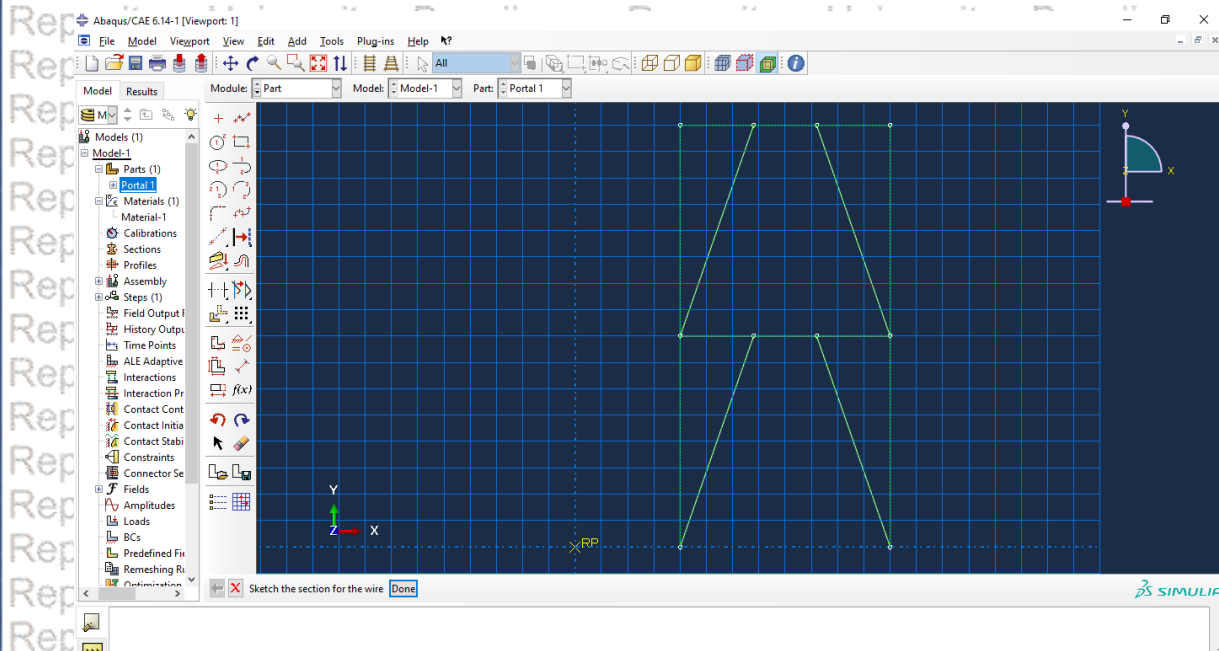
1. Variabel bebas adalah variabel yang nilainya bisa berdiri sendiri tanpa terikat atau pengaruh dari variabel lainnya, karena dapat berdiri sendiri maka keberadaan variabel ini sangat penting ada penelitian atau saat pengkajian bidang-bidang tertentu saja. Pada penelitian ini variabel bebasnya yaitu dimensi profil baja, tipe baja, mutu baja, eksentrisitas *bracing* dan beban lateral.
2. Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tidak bisa berdiri sendiri karena harus mendapatkan pengaruh dari variabel yang lain. Variabel ini merupakan variabel sangatlah penting dalam sebuah penelitian atau saat pengkajian. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu perpindahan struktur, perilaku beban dan momen maksimum.

3.4 Pemodelan dengan *Software ABAQUS Student Version*

Pemodelan benda uji berupa struktur portal baja eksentris dua lantai dengan menggunakan *software ABAQUS 6.14-1 student version*. Satuan massa dan Panjang yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan Satuan Internasional (Kilogram, Meter), dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. *Create Part*

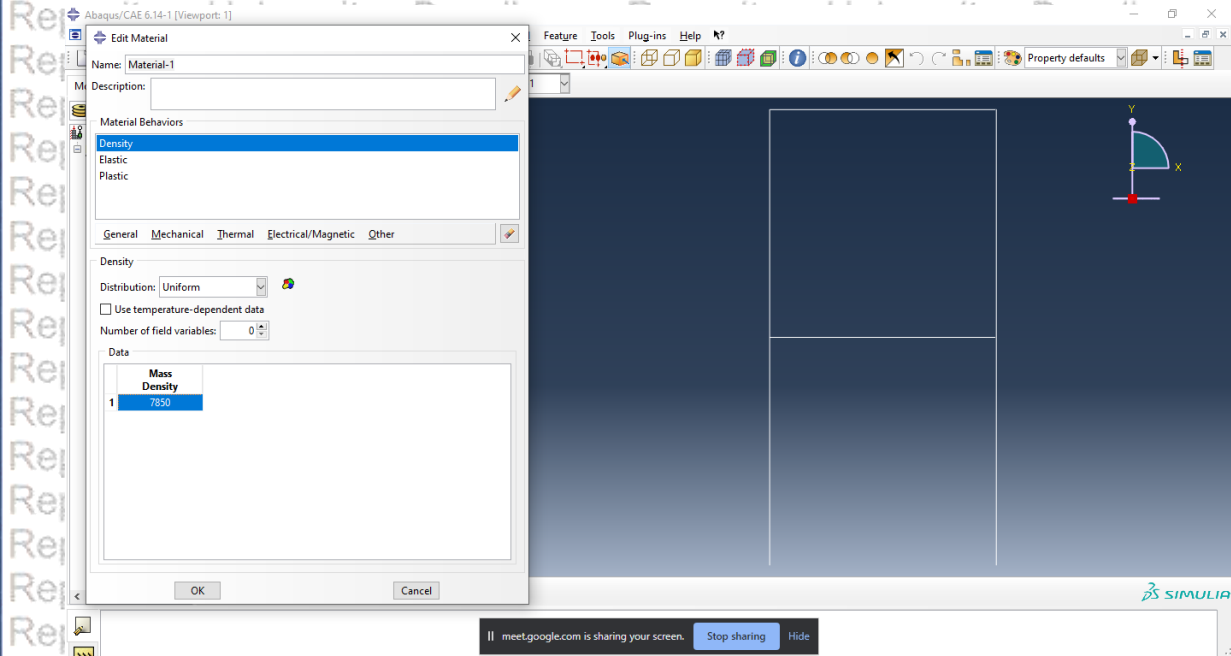
Dalam tahap ini akan dilakukan pembuatan model struktur portal dua lantai *bracing* eksentris dengan tiap lantai 4m x 4m dengan ukuran eksentrisitas 0 cm, 60 cm dan 120 cm.



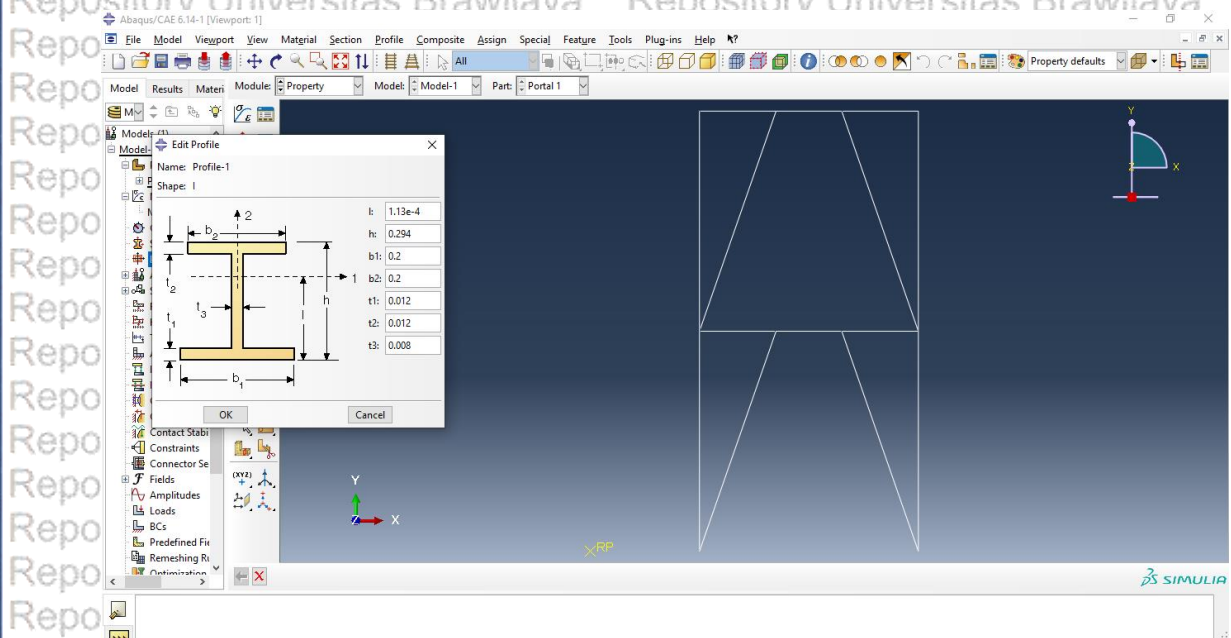
Gambar 3.2 Menggambar Koordinat untuk Membentuk Portal *Bracing* Eksentrisitas *Inverted N*

2. Input Data

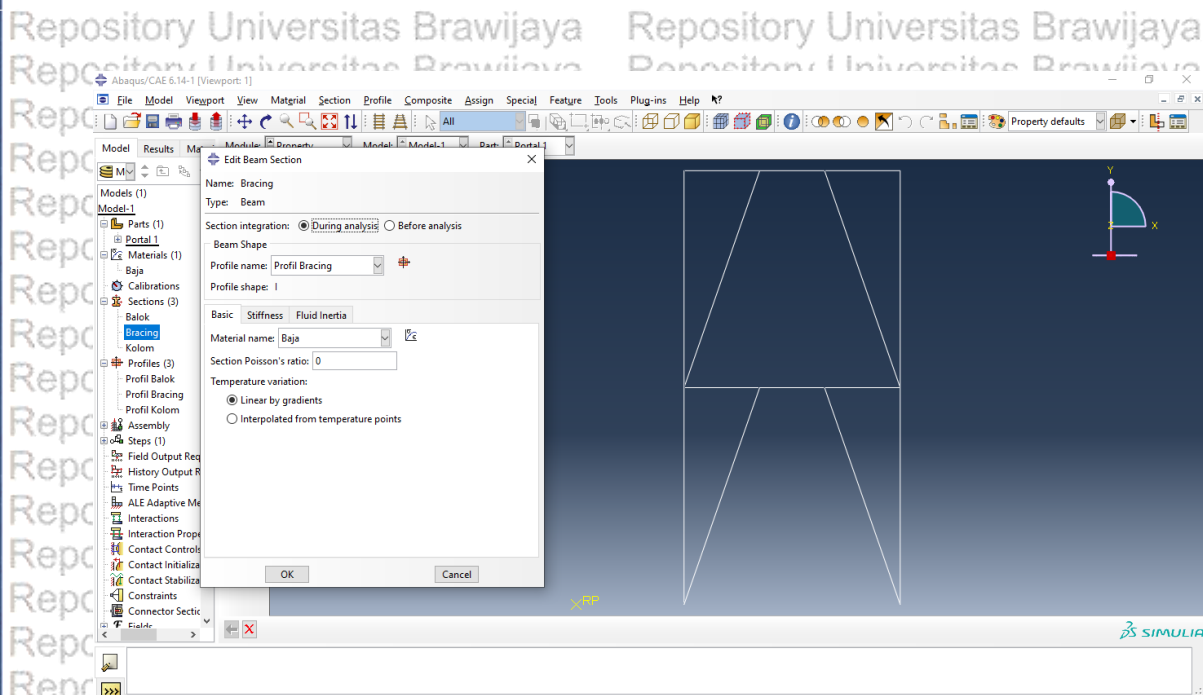
Dalam tahap ini akan dimasukkan data – data baja berupa mutu baja, tipe baja dan dimensi profil baja.



Gambar 3.3 Input Data Mutu Baja



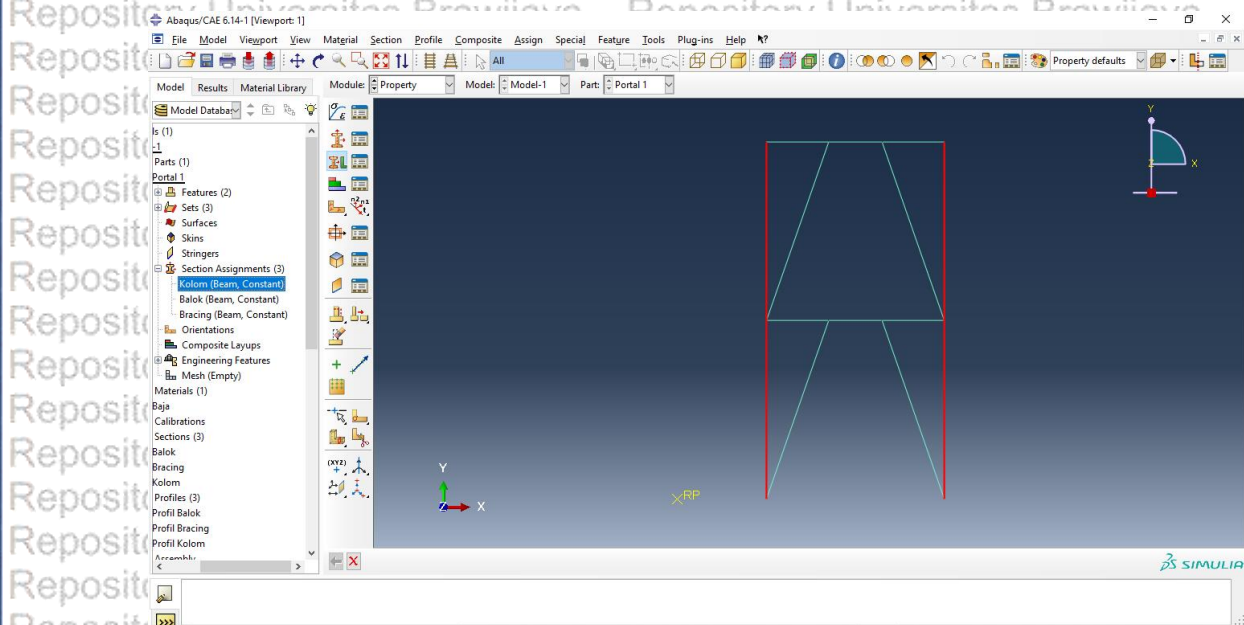
Gambar 3.4 Input Dimensi Profil Baja



Gambar 3.5 Input Data Mutu Baja ke Profil Baja

3. Create Section

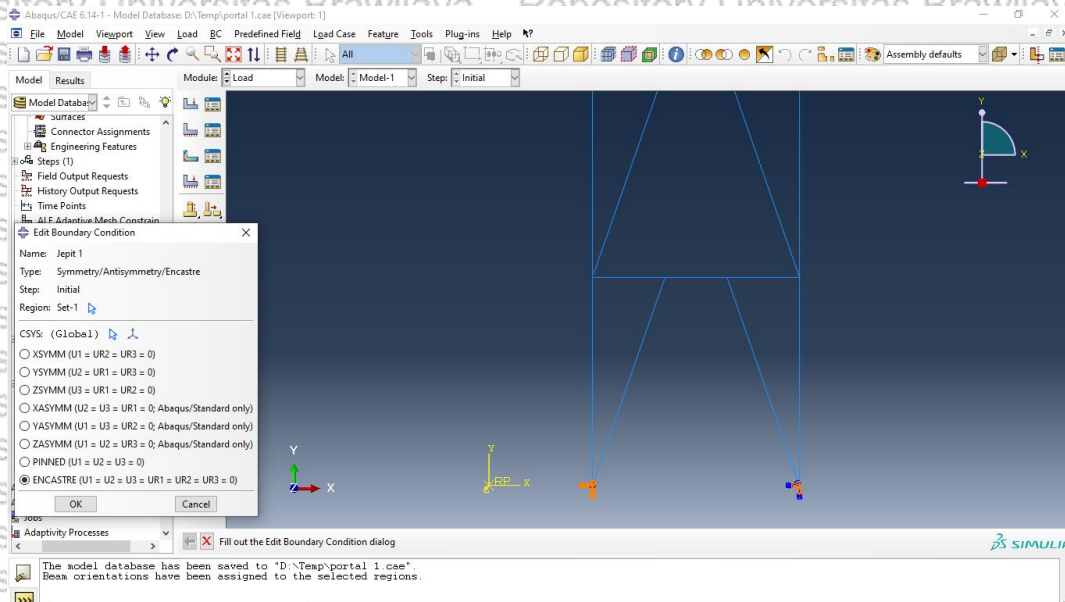
Pada tahap ini pemodelan struktur akan dibagi sesuai fungsinya yaitu kolom, balok dan bresing



Gambar 3.6 Create Section Bagian Balok

4. *Input Tumpuan*

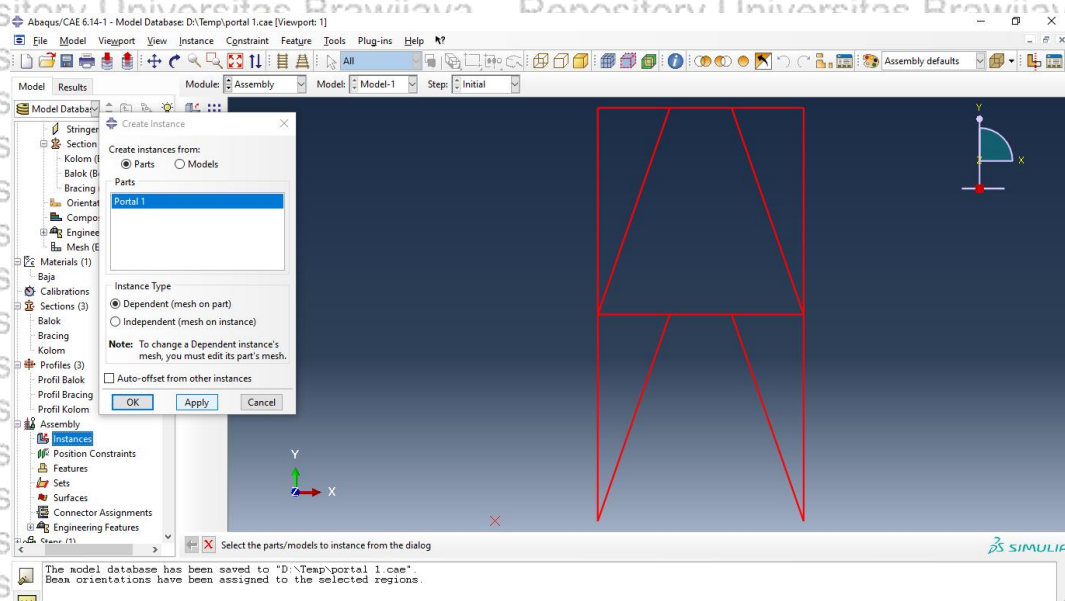
Pada tahap ini akan memasukkan model tumpuan sesuai yang telah ditentukan yaitu tumpuan jepit.



Gambar 3.7 Proses Penginputan Tumpuan Jepit

5. *Assembly*

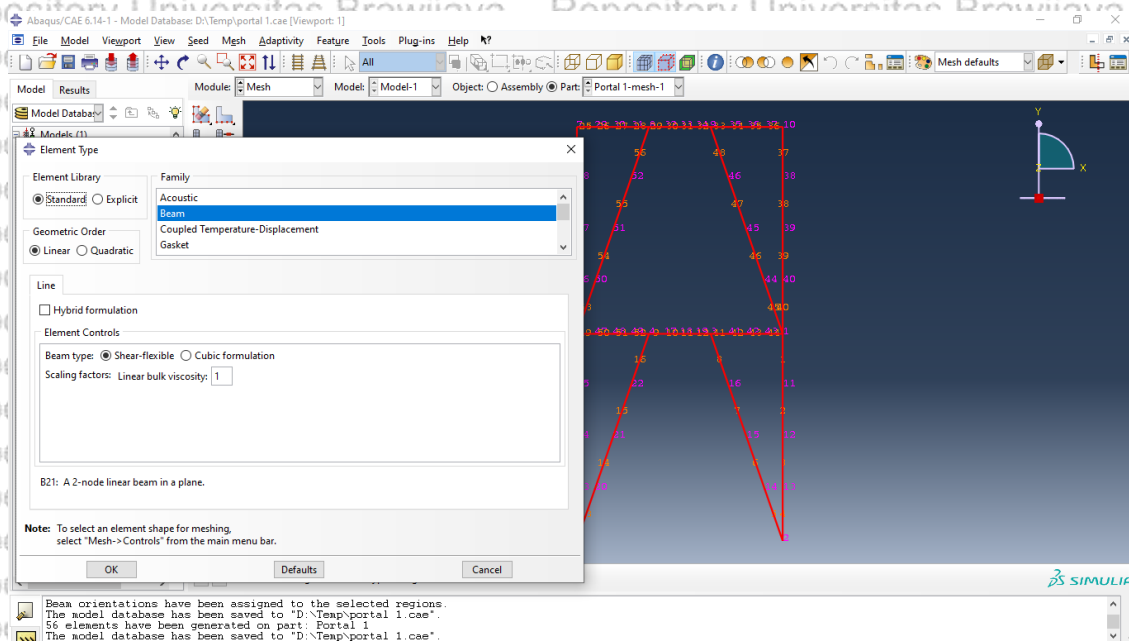
Pada tahap ini akan dilakukan penggabungan keseluruhan bagian struktur portal mulai dari kolom, balok dan bresing



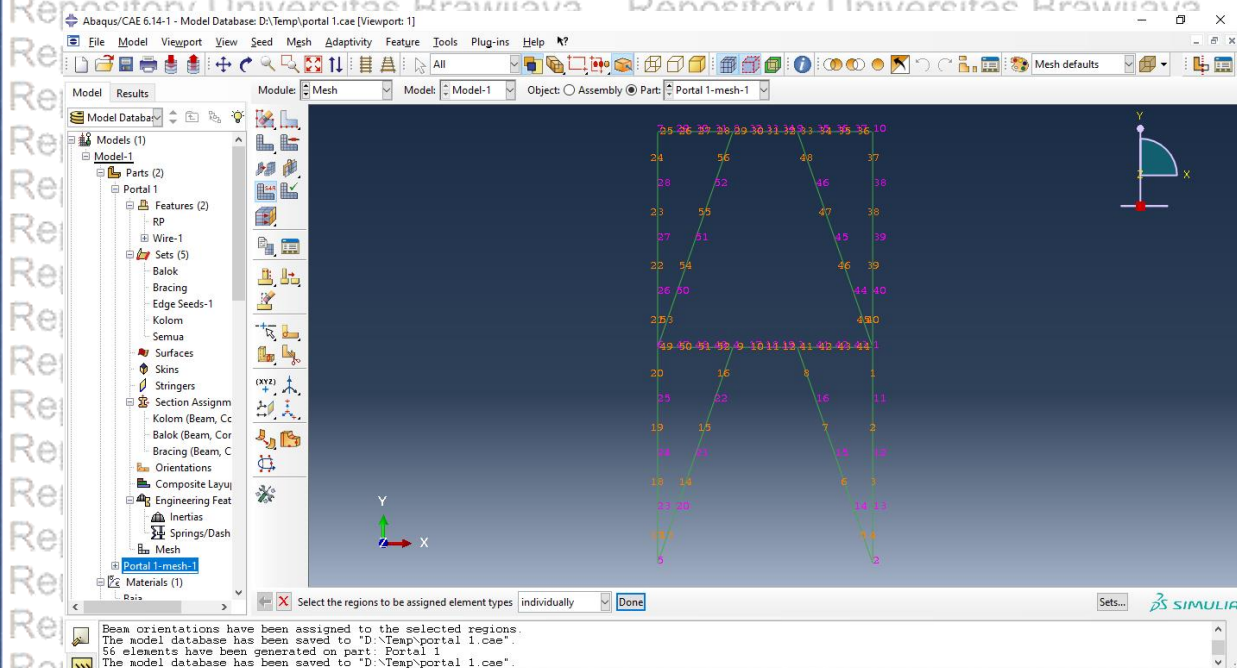
Gambar 3.8 Perintah *Assembly*

6. Meshing

Pada tahap ini struktur portal yang telah dimodelkan akan terbagi menjadi beberapa *node* dan elemen. Semakin banyak *seeds* yang digunakan, maka perhitungan akan semakin akurat dan detail.



Gambar 3.9 Input Jumlah Seeds Tiap Section Untuk Meshing



Gambar 3.10 Hasil Dari Proses Meshing

7. *Input* Pembebanan

Pada tahap ini, beban rencana dimasukkan ke dalam *software* ABAQUS 6.14-1 *student version*. Selanjutnya beban lateral statik yang merupakan gaya akibat gempa dimasukkan untuk analisis struktur portal.

8. *Running* dan *Output*

Pada tahap ini akan didapatkan hasil analisis yang diinginkan berupa perpindahan, reaksi tumpuan dan momen.

9. Kesimpulan

Pada tahap ini adalah perbandingan dari ketiga portal dengan jarak eksentris 0 cm, 60 cm, 120 cm serta pengambilan kesimpulan akhir berupa nilai beban dan perpindahan akibat beban yang bekerja.

3.5 Hipotesis Penelitian

Hasil akhir atau *output* dari analisis pemodelan sistem rangka *Bracing* tipe *Inverted-V* adalah nilai beban dan perpindahan dari struktur portal tersebut. Dari ketiga pemodelan berdasarkan variasi jarak eksentris, nanti dilakukan perbandingan dan didapatkan pengaruh jarak eksentris terhadap beban dan perpindahan struktur akibat beban yang direncanakan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Struktur Portal *Bracing* Eksentris Tipe *Inverted-V*

Pemodelan portal 2 lantai yang akan di analisis direncanakan menggunakan *bracing* eksentris tipe *Inverted-V*. Pemodelan portal ini dibantu dengan menggunakan *software* ABAQUS versi *student edition*. Material yang digunakan pada portal adalah baja dengan ukuran profil material baja dan dimensi model portal yang digunakan merupakan asumsi dari dimensi bangunan yang sudah ada sebelumnya.

4.1.1 Gambaran Umum

Pemodelan struktur yang digunakan pada penelitian ini adalah analisa pemodelan struktur portal 2 lantai *bracing* eksentris tipe *Inverted-V* dengan dimensi lebar dan tinggi masing-masing lantai sebesar 4 meter. Analisa pemodelan struktur portal ini menggunakan pemodelan portal *bracing* konsentris dan *bracing* eksentris dengan ukuran eksentrisitas 60 cm atau *short link*, dan eksentris 120 cm atau *long link*. Pada pemodelan ini menggunakan 2 ukuran *mesh* yaitu *mesh* 4 dan *mesh* 25. Tumpuan yang dipakai untuk pemodelan struktur ini adalah tumpuan jepit atau *encastre* pada *software* ABAQUS. Berikut merupakan pemodelan struktur portal 2 Lantai dengan *bracing* tipe *Inverted-V* menggunakan ABAQUS:



Gambar 4. 1 Pemodelan Struktur Portal 2 Lantai *Bracing* Tipe *Inverted-V*
Konsentris 0 cm



Gambar 4. 2 Pemodelan Struktur Portal 2 Lantai *Bracing* Tipe *Inverted-V* Eksentris

60 cm



Gambar 4. 3 Pemodelan Struktur Portal 2 Lantai *Bracing* Tipe *Inverted-V* Eksentris

120 cm

4.1.2 Spesifikasi Material

Profil dan mutu baja yang dipakai pada penelitian ini menggunakan asumsi dimensi dan profil pada bangunan yang dianggap sudah ada sebelumnya. Dimensi profil baja yang menggunakan spesifikasi berikut:

Tabel 4.1 Dimensi Profil Baja Pemodelan Struktur Portal

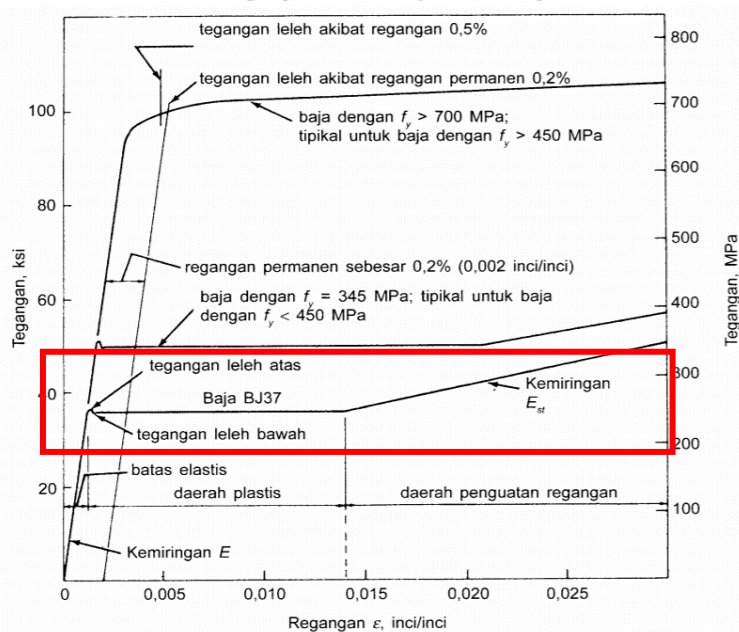
No.	Bagian Struktur	Dimensi Profil
1	Balok	WF 200.150.6.9
2	Kolom	WF 300.200.8.12
3	Bracing	WF 100.100.6.8

Mutu material baja pada tabel diatas sesuai baja BJ-37. Data *true stress* dan *true strain* yang digunakan pada pemodelan ini diambil dari grafik hubungan tegangan & regangan pada **Gambar 4.4**. Spesifikasi data material berdasarkan mutu baja BJ-37 yang digunakan sebagai berikut:

1. Density : 7850 kg/m³
2. Modulus Elastisitas : 2×10^{11} Pa
3. *Poisson Ratio* : 0,3
4. *True Stress & True Strain* :

Tabel 4.2 Data *true stress* dan *true strain* pada Gambar 4.4

No.	<i>True Stress</i> (Pa)	<i>True Strain</i>
1	260000000	0
2	261300000	0,005
3	261950000	0,0075
4	262600000	0,01
5	263250000	0,0124
6	274050000	0,0149
7	284900000	0,0173
8	306000000	0,0198
9	317750000	0,0247
10	370800000	0,0296



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Tegangan & Regangan

4.2 Analisis Pemodelan Struktur Portal *Bracing* Eksentris Tipe *Inverted-V*

Analisis pemodelan struktur portal 2 lantai *bracing* eksentris tipe *Inverted-V* menggunakan *software* ABAQUS versi *Student Edition* karena *software* ini menganalisis dengan metode elemen hingga yang mempunyai fungsi umum dan menggunakan skema integrasi secara mutlak sehingga bisa mendapatkan hasil atau *output* yang lebih spesifik atau detail.

Analisis pemodelan ini menggunakan tiga model struktur portal dengan eksentrisitas *bracing* yang berbeda-beda pada masing-masing portal yaitu *bracing* konsentris atau 0 cm, *bracing* dengan eksentrisitas 60 cm, dan *bracing* dengan eksentrisitas 120 cm. Tiap model struktur portal yang dianalisa menggunakan 2 macam *mesh* dengan *meshing* besar sebanyak 4 dan pembagian *meshing* kecil sebanyak 25.

Penempatan *node* pada analisis pemodelan terdapat 4 bagian, yaitu 2 *node* pada tumpuan struktur portal yang terletak di kiri bawah dan kanan bawah serta 2 *node* pada bagian kiri tengah dan kiri atas seperti pada **Gambar 4.5**.

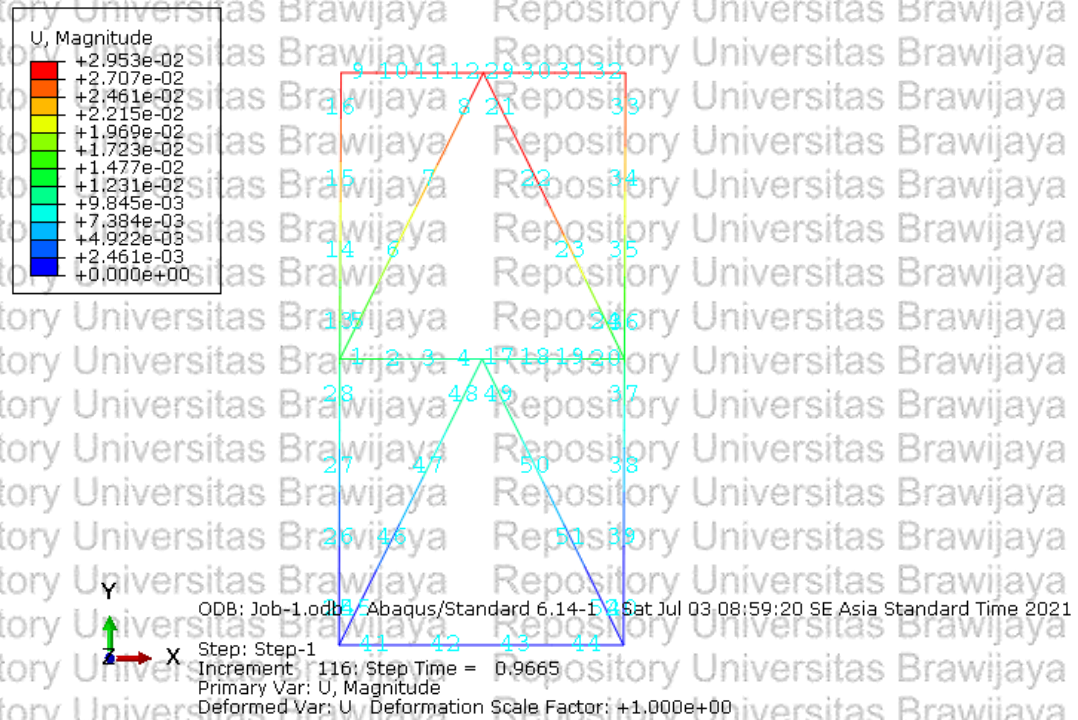


Gambar 4.5 *Node* pada Pemodelan Struktur Portal 2 Lantai Eksentris *Inverted-V*

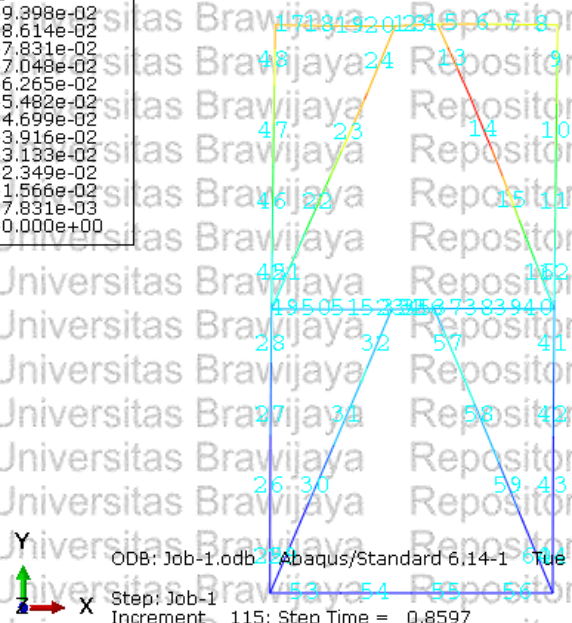
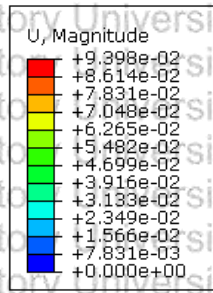
Terdapat 2 macam *output* yang digunakan dalam *software* ini yaitu *field output* dan *history output*. *Field output* berfungsi untuk mengetahui bagian elemen portal yang sudah kritis sedangkan *history output* digunakan untuk menampilkan hasil akhir pembebanan dan besarnya nilai perpindahan pemodelan struktur portal dengan data berupa grafik dan tabel.

Hasil dari analisis ini berupa nilai gaya reaksi atau *force* (RF/Reaction force and moments)

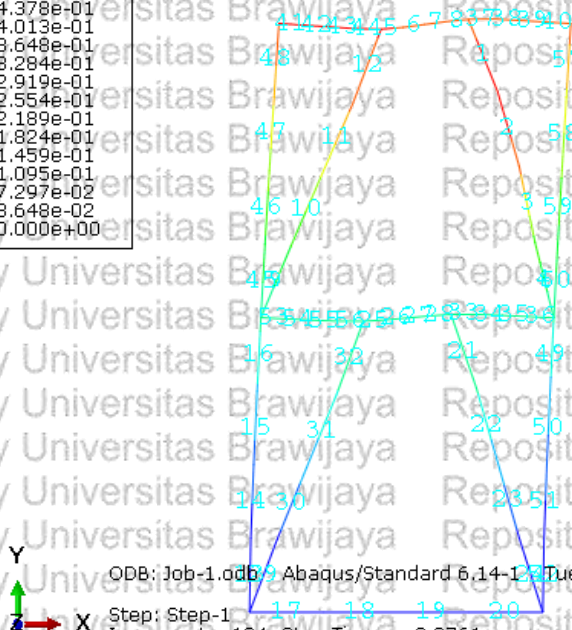
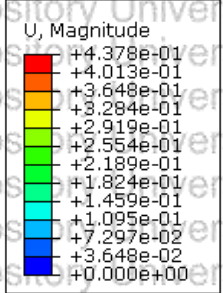
dan perpindahan ($U/displacement$) pada struktur portal. Bagian atau *node* portal yang mengalami perpindahan paling besar yaitu *node* bagian kiri portal karena letak pembebanan ada di *node* bagian kiri atas ke arah sumbu X atau horizontal disebabkan asumsi pembebanan yang di *input* adalah beban gempa seperti yang ditampilkan pada **Gambar 4.9**.



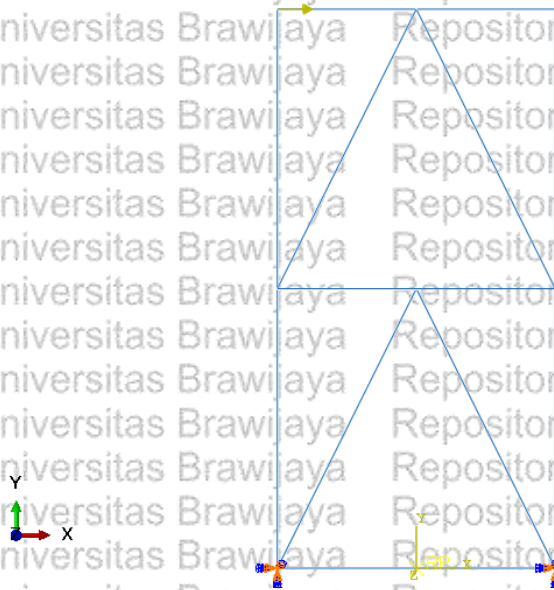
Gambar 4. 6 Analisis Pemodelan Portal 2 Lantai Eksentris *Inverted V* 0cm



Gambar 4. 7 Analisis Pemodelan Portal 2 Lantai Eksentris Inverted-V 60cm



Gambar 4. 8 Analisis Pemodelan Portal 2 Lantai Eksentris Inverted-V 120cm



Gambar 4. 9 Pembebanan pada Analisis Pemodelan Struktur Portal 2 Lantai Eksentris Inverted-V

4.3 Respon Struktur Akibat Beban Statis

Dalam analisis ini, akan dilihat respon atau perilaku yang terjadi pada struktur portal apabila diberikan beban statis. Tiap model struktur portal yang telah dibuat telah di *input* pembebanan statis dengan besar nilai beban yang sama pada tiap pemodelannya dengan letak beban statis di bagian *node* kiri atas seperti yang ditampilkan pada **Gambar 4.9**. Nilai beban statis yang dimasukkan pada pemodelan ini merupakan nilai asumsi atau coba-coba hingga pemodelan mengalami *aborted* atau runtuh. Jika nilai *step time* hampir mendekati angka 1 maka besarnya pembebanan hampir mendekati nilai beban maksimal struktur tersebut dan hasil analisis portal tersebut di ABAQUS dianggap telah mengalami keruntuhan.

Pada analisa pemodelan *software* ABAQUS menghasilkan perpindahan berupa U (*Translation and rotations*) berupa perpindahan pada sumbu X dan perpindahan pada sumbu Y , sedangkan nilai reaksi atau *force* yang dihasilkan berupa RF (*Reaction force and moments*) di kedua tumpuan jepit portal.

Penempatan *node* pada analisis penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya beban atau reaksi dan perpindahan yang terjadi pada struktur portal *bracing* eksentris tipe *Inverted-V* tersebut. Hasil atau *output* yang dihasilkan merupakan sesuai dengan *node* yang telah di *input* pada pemodelan portal.

4.4 Hasil Analisis Portal *Bracing* Eksentris Tipe *Inverted-V*

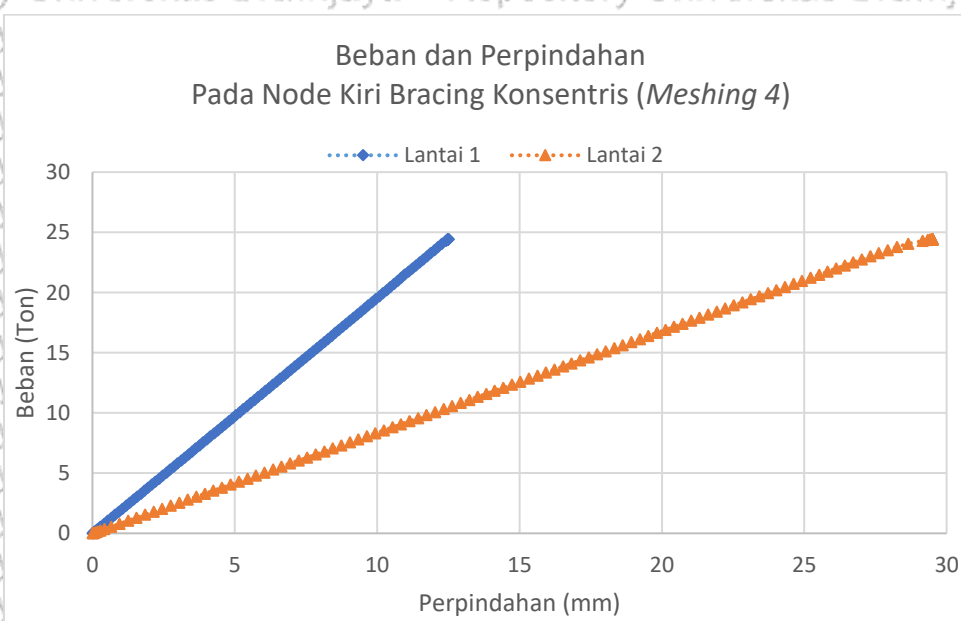
Hasil dari analisis ini berupa gambar grafik nilai beban atau gaya reaksi (*force/RF*) pada *node* di bagian tumpuan bawah dan perpindahan (*displacement/U*) pada *node* kiri tengah

(lantai 1) dan kiri atas (lantai 2). Data hasil analisis yang didapat terbagi menjadi 3 hasil diantaranya nilai perpindahan pada struktur portal bagian kiri tengah (lantai 1), nilai perpindahan pada struktur portal bagian kiri atas (lantai 2), dan nilai beban atau gaya reaksi pada tumpuan portal bagian kiri (RF Kiri) dan kanan portal (RF Kanan). Data hasil analisis yang perlu dicantumkan juga adalah hasil nilai beban atau gaya reaksi total yang didapat dari penjumlahan nilai gaya reaksi pada kedua tumpuan dibawah (RF total = RF Kiri + RF Kanan) terhadap perpindahan *node* kiri atas (lantai 2)

4.4.1 Hasil Analisis Portal *Bracing* Eksentris Tipe *Inverted-V Meshing 4*

A. Hasil Analisis Portal *Bracing* Eksentris Tipe *Inverted-V 0 cm*

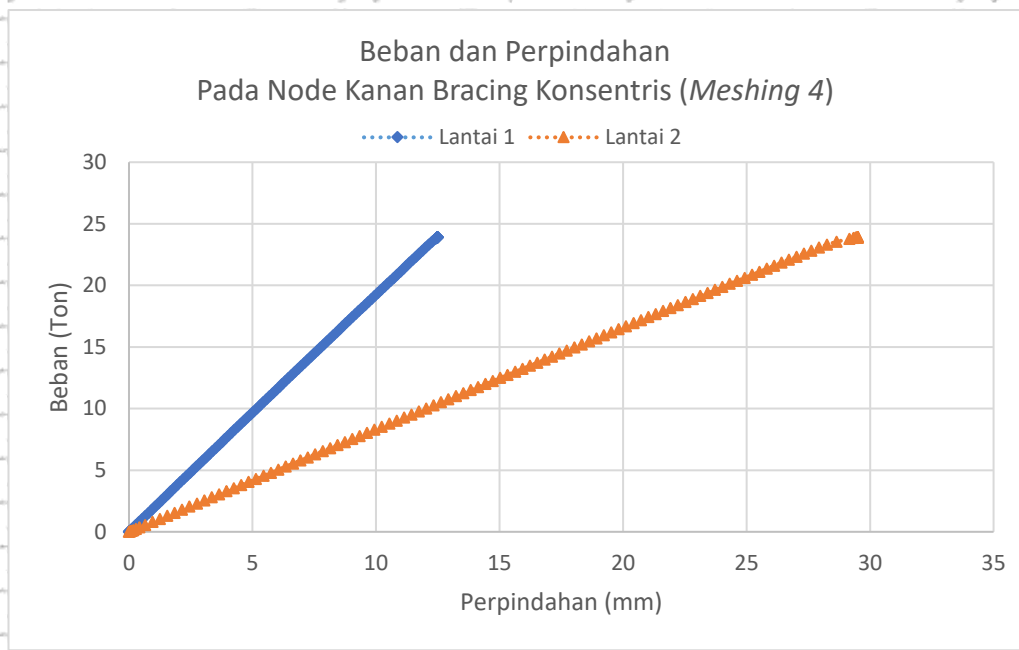
Analisis pada pemodelan portal ini, nilai gaya reaksi (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan dengan *meshing 4* dari *node* bagian kiri dengan nilai *step time* 0,9665. Nilai gaya reaksi tumpuan kiri (RF kiri) sebesar 24,4217 ton dan nilai perpindahan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 12,4905 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 29,5027 mm. Gambar Grafik hubungan antara nilai beban dan perpindahan terlihat pada **Gambar 4.10** sebagai berikut:



Gambar 4. 10 Hasil Pemodelan 0 cm *Meshing 4 Node Kiri*

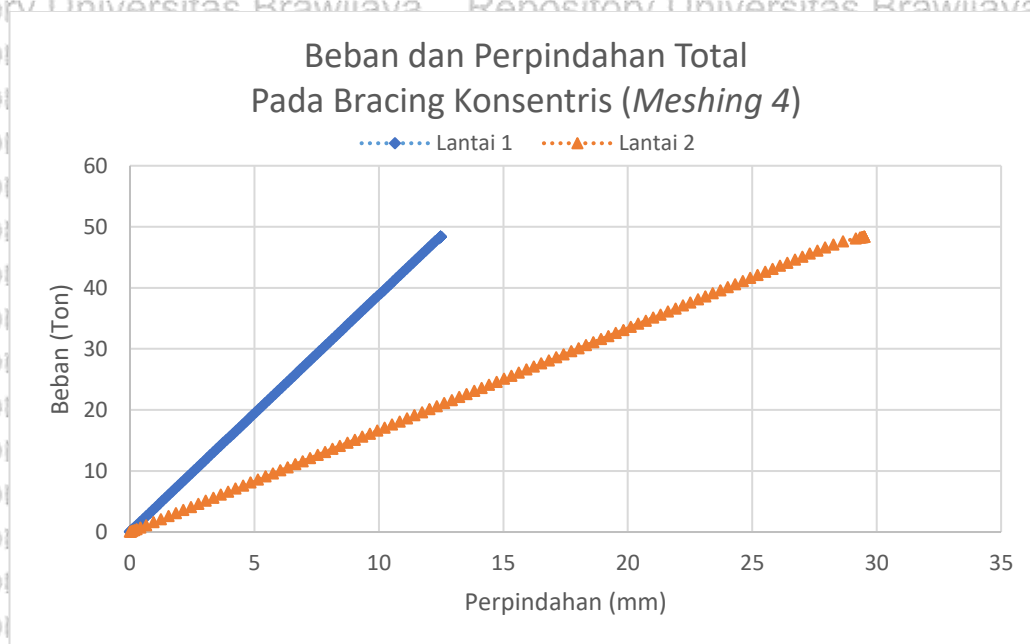
Analisis pada pemodelan portal ini, nilai gaya reaksi (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan dengan *meshing 4* dari *node* bagian kiri dengan nilai *step time* 0,9665. Nilai gaya reaksi tumpuan kanan (RF kanan) sebesar 23,9013 ton dan nilai perpindahan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 12,4905 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 29,5027 mm. Gambar Grafik hubungan antara nilai beban dan perpindahan terlihat pada

Gambar 4.11 sebagai berikut:

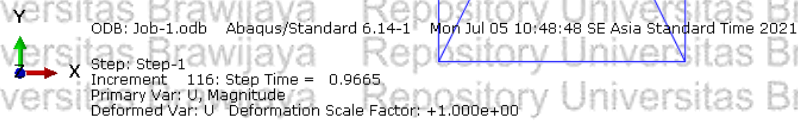
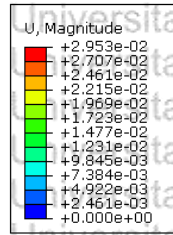


Gambar 4. 11 Hasil Pemodelan 0 cm *Meshing 4* Node Kanan

Nilai gaya reaksi total (*RF* total) dan perpindahan yang dihasilkan oleh portal dengan *meshing 4* struktur portal pada nilai *time* 0,9467 dengan hasil nilai gaya reaksi total ($RF \text{ total} = RF \text{ Kiri} + RF \text{ Kanan}$) sebesar 48,323 ton dan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 12,4905 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 29,5027 mm. Grafik hubungan antara nilai gaya reaksi total dan perpindahan digambarkan pada Gambar 4.12 sebagai berikut:



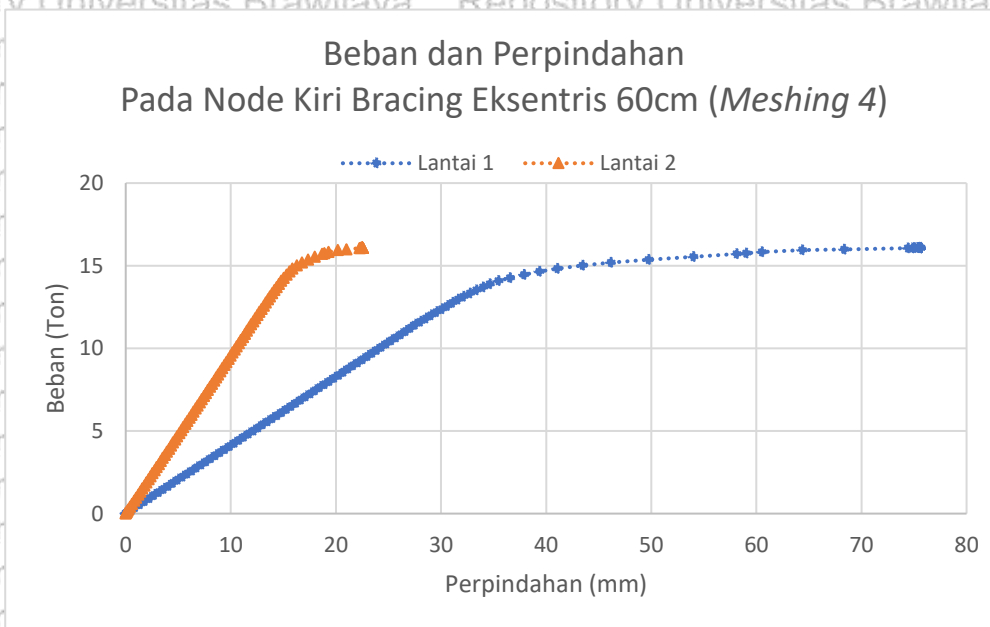
Gambar 4. 12 Hasil Pemodelan 0 cm *RF* Total *Meshing 4*



Gambar 4. 13 Analisis Pemodelan Portal 2 Lantai Eksentris Tipe *Inverted-V* 0 cm *Meshing* 4
B. Hasil Analisis Portal *Bracing* Eksentris Tipe *Inverted-V* 60 cm

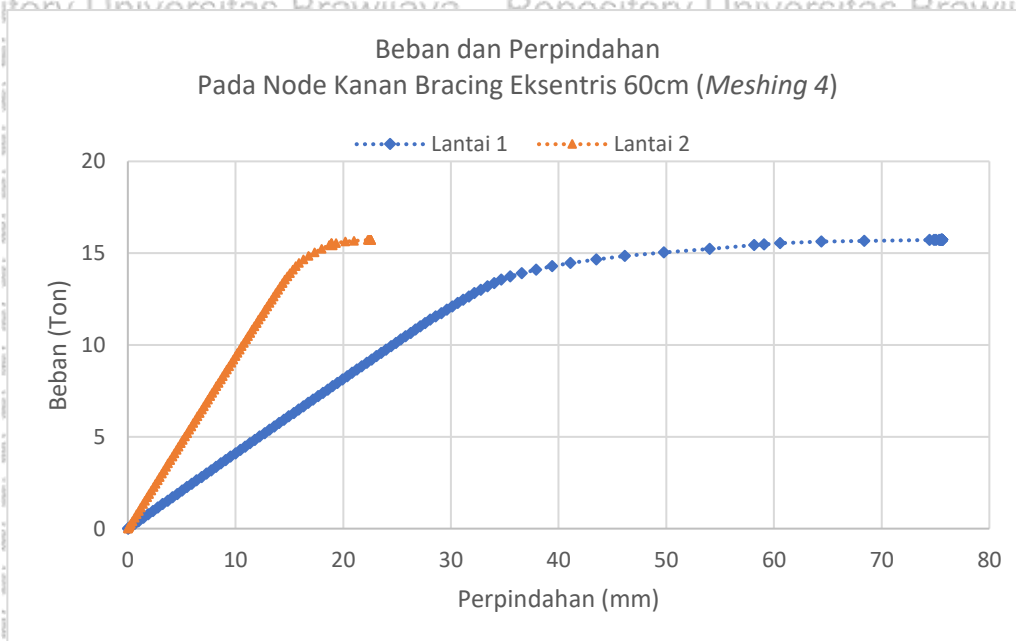
Analisis pada pemodelan portal ini, nilai gaya reaksi (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan dengan *meshing* 4 dari *node* bagian kiri dengan nilai *step time* 0,8597. Nilai gaya reaksi tumpuan kiri (*RF* kiri) sebesar 16,0856 ton dan nilai perpindahan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 75,6030 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 22,5340 mm. Gambar Grafik hubungan antara nilai beban dan perpindahan terlihat pada

Gambar 4.14 sebagai berikut:



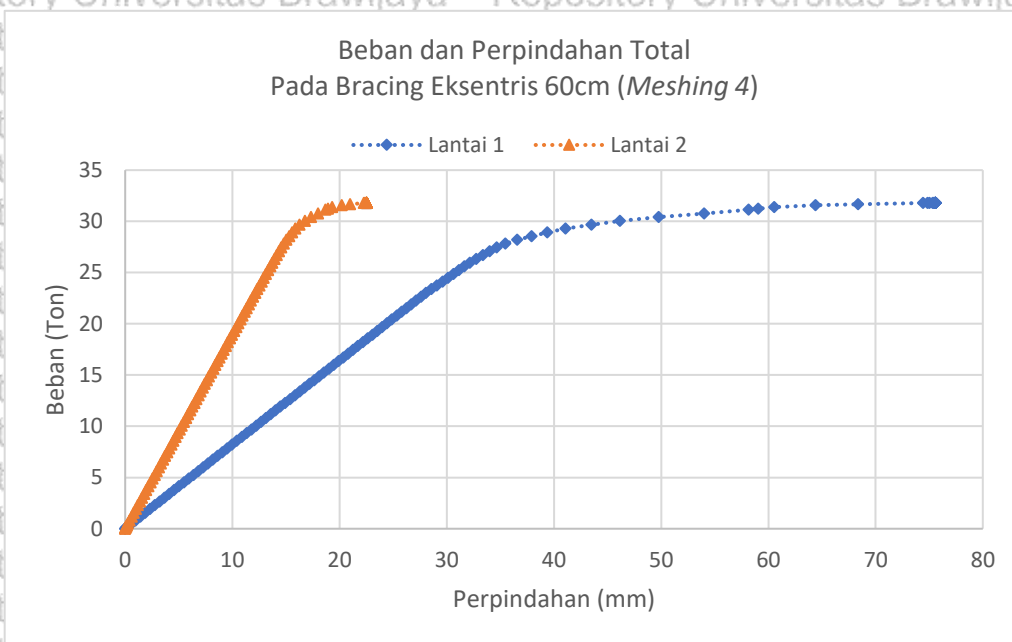
Gambar 4. 14 Hasil Pemodelan 60 cm *Meshing* 4 *Node* Kiri

Analisis pada pemodelan portal ini, nilai gaya reaksi (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan dengan *meshing* 4 dari *node* bagian kiri dengan nilai *step time* 0,8597. Nilai gaya reaksi tumpuan kiri (*RF* kiri) sebesar 15,7233 ton dan nilai perpindahan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 75,6030 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 22,5340 mm. Gambar Grafik hubungan antara nilai beban dan perpindahan terlihat pada **Gambar 4.15** sebagai berikut:

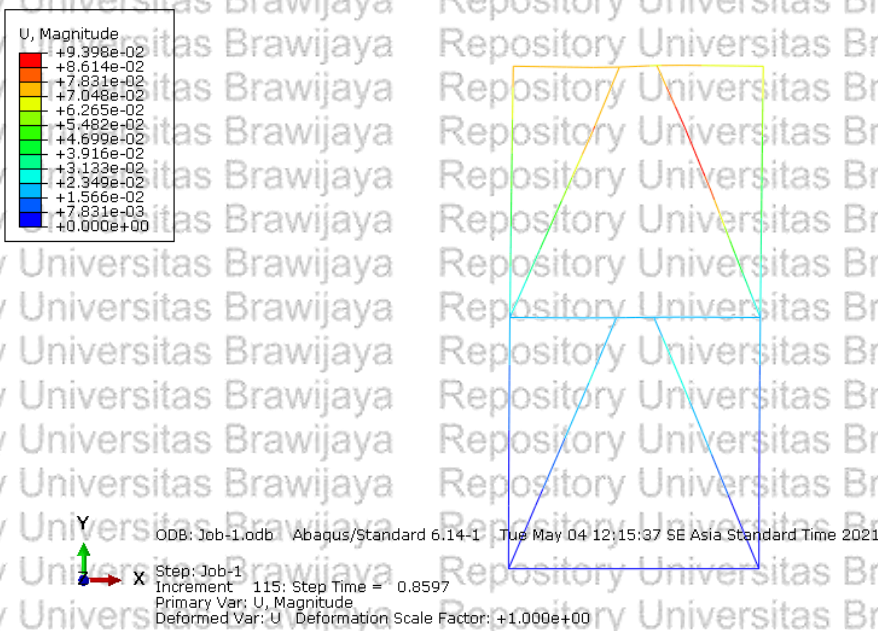


Gambar 4.15 Hasil Pemodelan 60 cm Meshing 4 Node Kanan

Nilai gaya reaksi total (*RF* total) dan perpindahan yang dihasilkan oleh portal dengan *meshing* 4 struktur portal pada nilai *time* 0,8597 dengan hasil nilai gaya reaksi total (*RF* total = *RF* Kiri + *RF* Kanan) sebesar 31,8089 ton dan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 75,6030 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 22,5340 mm. Grafik hubungan antara nilai gaya reaksi total dan perpindahan digambarkan pada **Gambar 4.16** sebagai berikut:



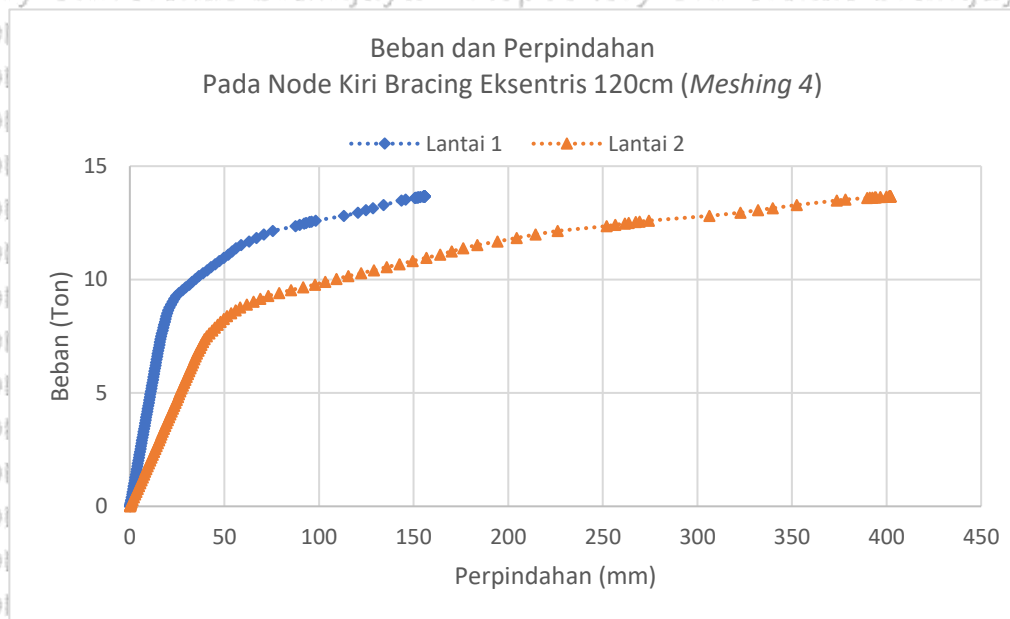
Gambar 4.16 Hasil Pemodelan 60 cm RF Total Meshing 4



Gambar 4.17 Analisis Pemodelan Eksentris Tipe Inverted-V 60 cm Meshing 4

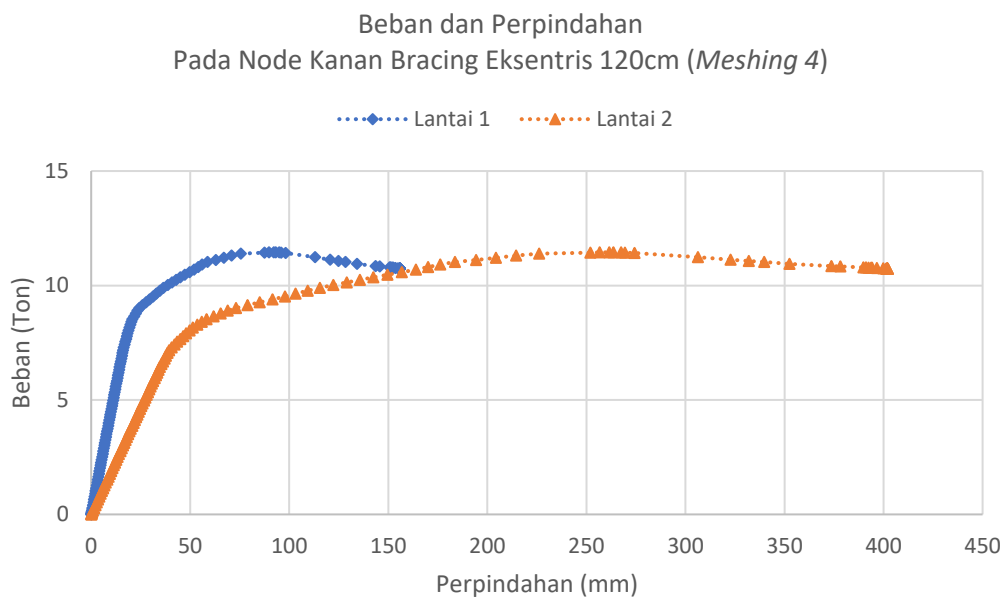
C. Hasil Analisis Portal *Bracing* Eksentris Tipe *Inverted-V* 120 cm

Analisis pada pemodelan portal ini, nilai gaya reaksi (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan dengan *meshing* 4 dari *node* bagian kiri dengan nilai *step time* 0,9761. Nilai gaya reaksi tumpuan kiri (*RF* kiri) sebesar 13,6677 ton dan nilai perpindahan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 155,7625 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 401,8759 mm. Gambar Grafik hubungan antara nilai beban dan perpindahan terlihat pada **Gambar 4.18** sebagai berikut:



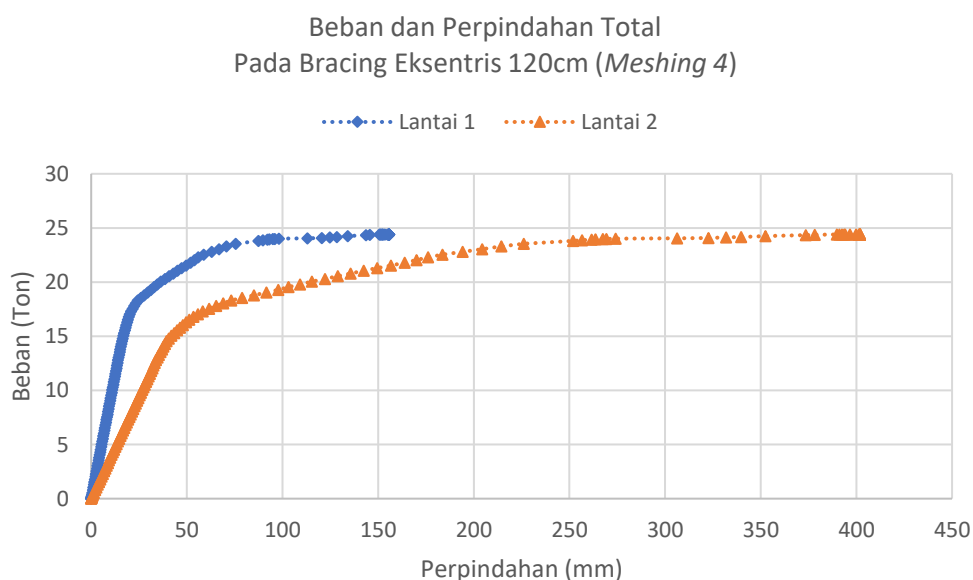
Gambar 4. 18 Hasil Pemodelan 120 cm Meshing 4 Node Kiri

Analisis pada pemodelan portal ini, nilai gaya reaksi (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan dengan *meshing* 4 dari *node* bagian kiri dengan nilai *step time* 0,9761. Nilai gaya reaksi tumpuan kiri (*RF* kiri) sebesar 10,7339 ton dan nilai perpindahan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 155,7625 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 401,8759 mm. Gambar Grafik hubungan antara nilai beban dan perpindahan terlihat pada **Gambar 4.19** sebagai berikut:

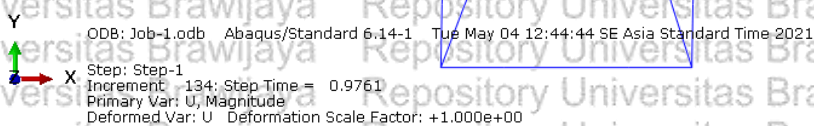
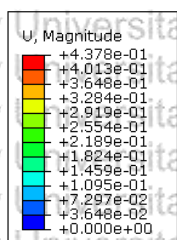


Gambar 4.19 Hasil Pemodelan 120 cm Meshing 4 Node Kanan

Nilai gaya reaksi total (RF total) dan perpindahan yang dihasilkan oleh portal dengan meshing 4 struktur portal pada nilai $time$ 0,9761 dengan hasil nilai gaya reaksi total (RF total = RF Kiri + RF Kanan) sebesar 24,4016 ton dan pada $node$ kiri lantai 1 sebesar 155,7625 mm dan $node$ kiri lantai 2 sebesar 401,8759 mm. Grafik hubungan antara nilai gaya reaksi total dan perpindahan digambarkan pada **Gambar 4.20** sebagai berikut:



Gambar 4.20 Hasil Pemodelan 120 cm RF Total Meshing 4

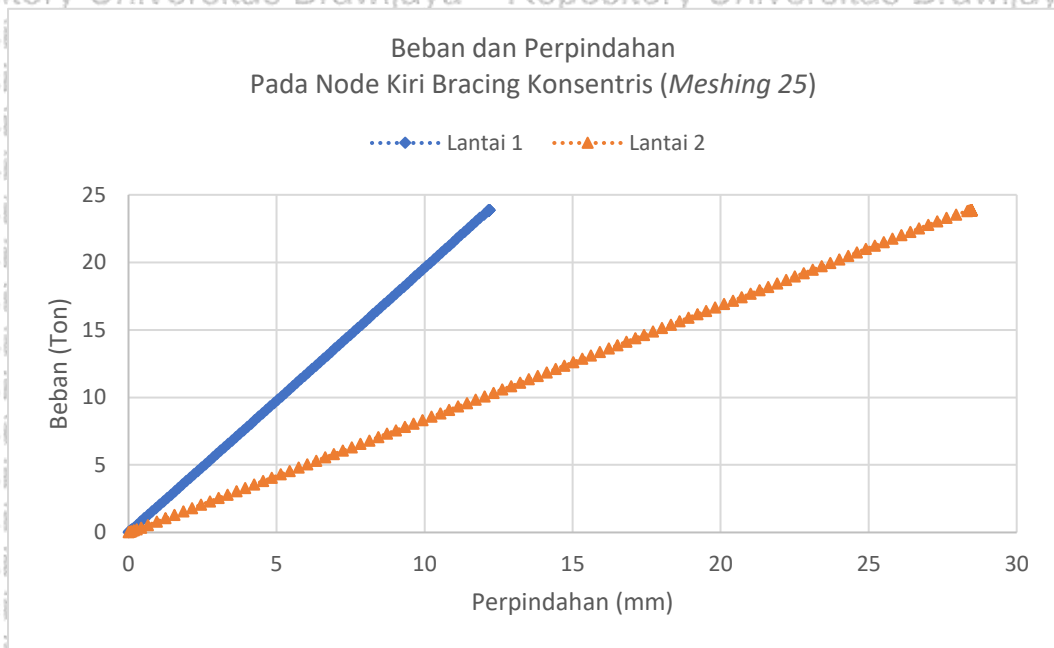


Gambar 4. 21 Analisis Pemodelan Eksentris Tipe Inverted-V 120 cm Meshing 4

4.4.2 Hasil Analisis Portal Bracing Eksentris Tipe Inverted-V Meshing 25

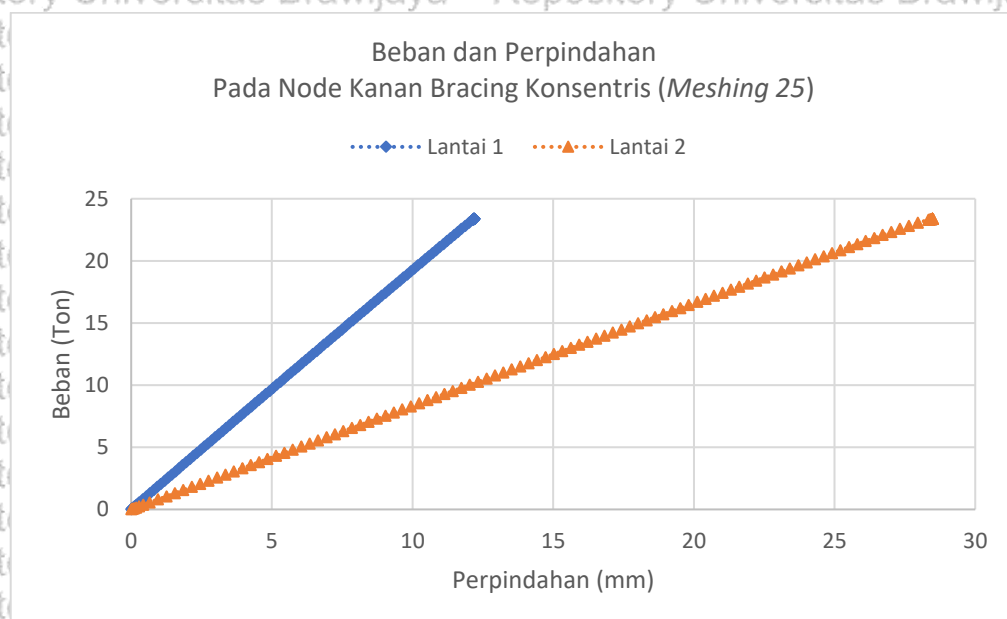
A. Hasil Analisis Portal Bracing Eksentris Tipe Inverted-V 0 cm

Analisis pada pemodelan portal ini, nilai gaya reaksi (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan dengan *meshing 4* dari *node* bagian kiri dengan nilai *step time* 0,9441. Nilai gaya reaksi tumpuan kiri (*RF* kiri) sebesar 23,8460 ton dan nilai perpindahan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 12,1816 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 28,4741 mm. Gambar Grafik hubungan antara nilai beban dan perpindahan terlihat pada **Gambar 4.22** sebagai berikut:



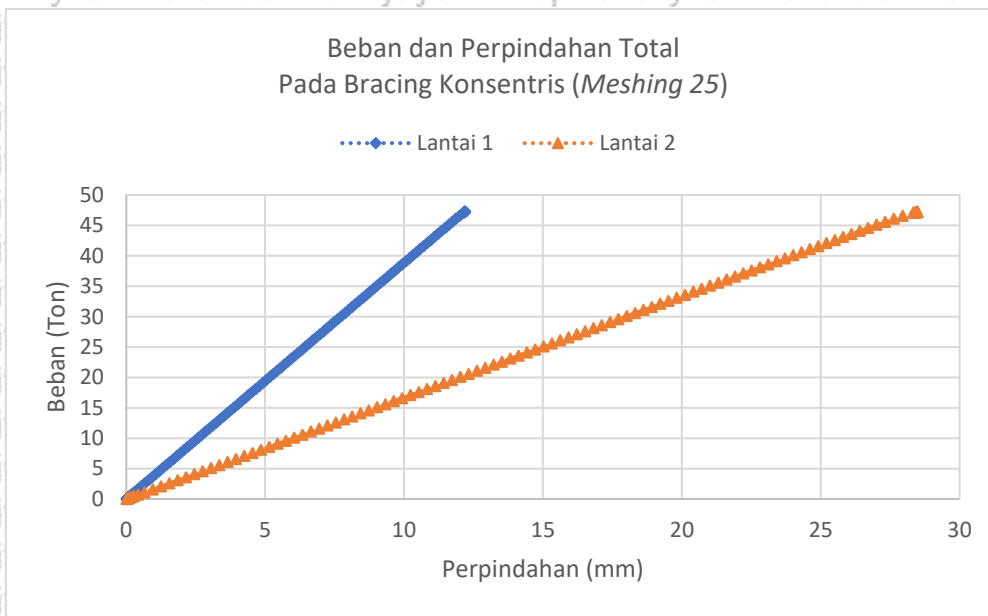
Gambar 4. 22 Hasil Pemodelan 0 cm Meshing 25 Node Kiri

Analisis pada pemodelan portal ini, nilai gaya reaksi (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan dengan *meshing* 4 dari *node* bagian kiri dengan nilai *step time* 0,9441. Nilai gaya reaksi tumpuan kiri (*RF* kiri) sebesar 23,3539 ton dan nilai perpindahan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 12,1816 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 28,4741 mm. Gambar Grafik hubungan antara nilai beban dan perpindahan terlihat pada **Gambar 4.23** sebagai berikut:

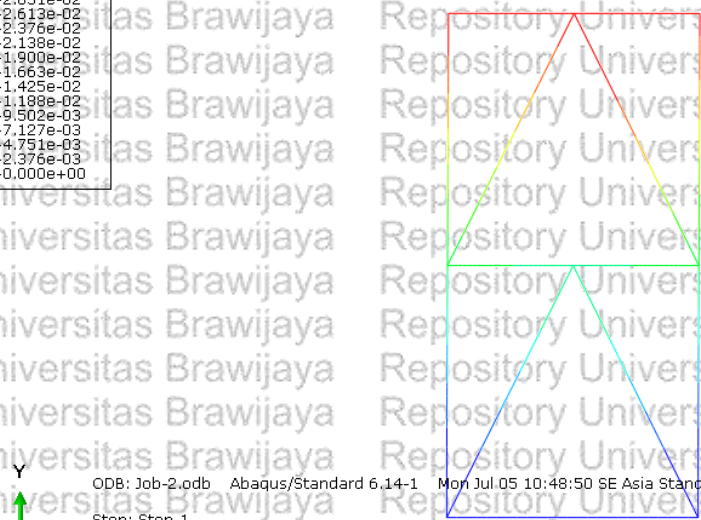
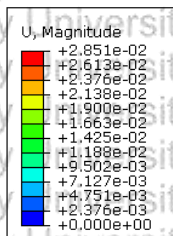


Gambar 4. 23 Hasil Pemodelan 0 cm Meshing 25 Node Kanan

Nilai gaya reaksi total (RF total) dan perpindahan yang dihasilkan oleh portal dengan *meshing* 4 struktur portal pada nilai *time* 0,9441 dengan hasil nilai gaya reaksi total (RF total = RF Kiri + RF Kanan) sebesar 24,4016 ton dan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 12,1816 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 28,4741 mm. Grafik hubungan antara nilai gaya reaksi total dan perpindahan digambarkan pada **Gambar 4.24** sebagai berikut:



Gambar 4. 24 Hasil Pemodelan 0 cm RF Total Meshing 25

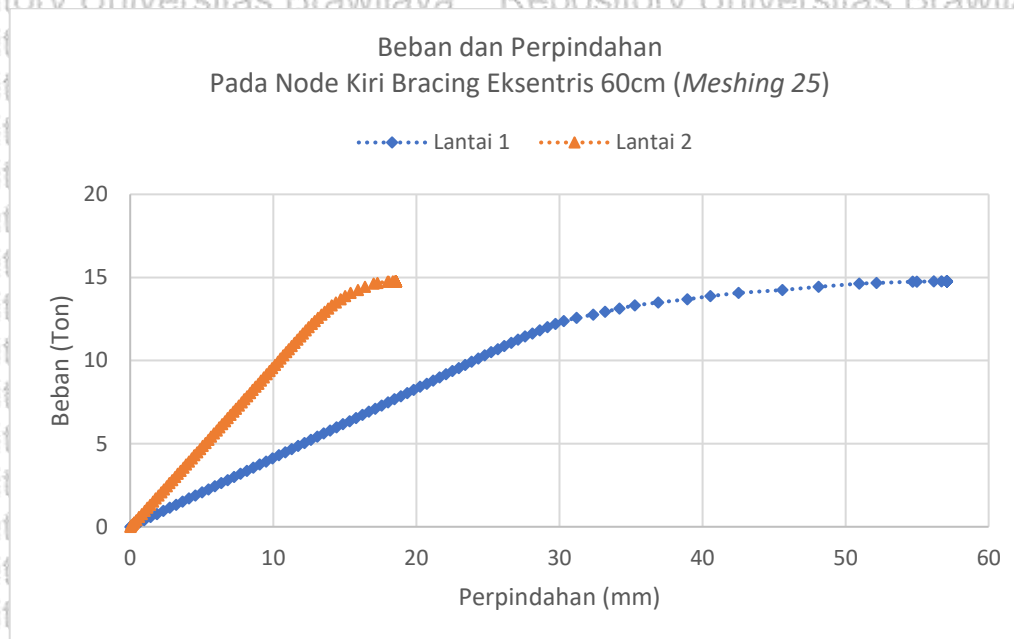


ODB: Job-2.odb Abaqus/Standard 6.14-1 Mon Jul 05 10:48:50 SE Asia Standard Time 2021
 Step: Step-1
 Increment: 119; Step Time = 0.9441
 Primary Var: U, Magnitude
 Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+00

Gambar 4. 25 Analisis Pemodelan Eksentris Tipe Inverted-V 0 cm Meshing 25

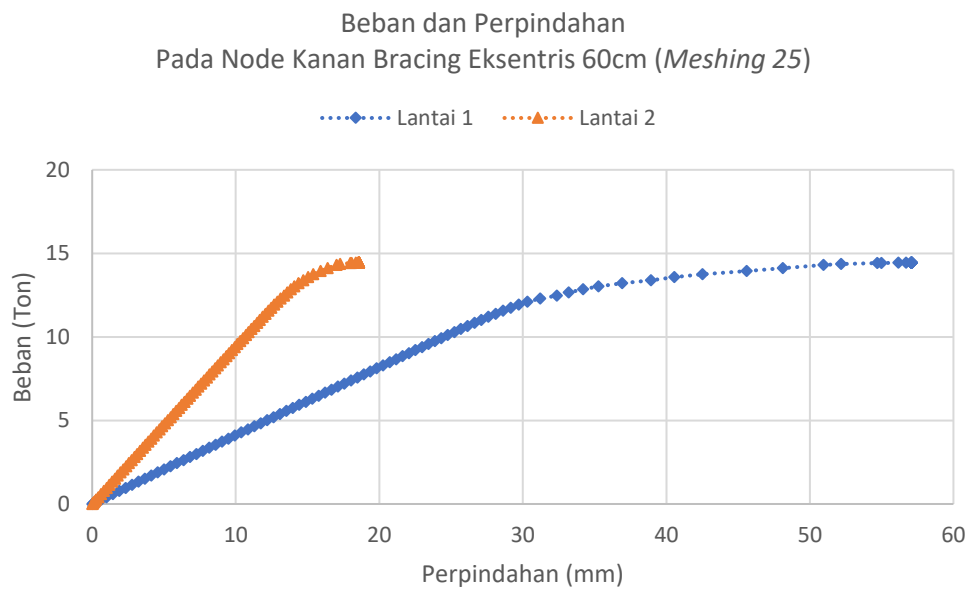
B. Hasil Analisis Portal *Bracing* Eksentris Tipe *Inverted-V* 60 cm

Analisis pada pemodelan portal ini, nilai gaya reaksi (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan dengan *meshing* 4 dari *node* bagian kiri dengan nilai *step time* 0,7892. Nilai gaya reaksi tumpuan kiri (*RF* kiri) sebesar 14,7661 ton dan nilai perpindahan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 57,0773 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 18,5762 mm. Gambar Grafik hubungan antara nilai beban dan perpindahan terlihat pada Gambar 4.26 sebagai berikut:



Gambar 4. 26 Hasil Pemodelan 60 cm Meshing 25 Node Kiri

Analisis pada pemodelan portal ini, nilai gaya reaksi (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan dengan *meshing* 4 dari *node* bagian kiri dengan nilai *step time* 0,7892. Nilai gaya reaksi tumpuan kiri (*RF* kiri) sebesar 14,4351 ton dan nilai perpindahan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 57,0773 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 18,5762 mm. Gambar Grafik hubungan antara nilai beban dan perpindahan terlihat pada Gambar 4.27 sebagai berikut:

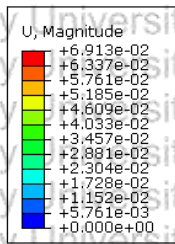


Gambar 4. 27 Hasil Pemodelan 60 cm Meshing 25 Node Kanan

Nilai gaya reaksi total (RF total) dan perpindahan yang dihasilkan oleh portal dengan *meshing* 4 struktur portal pada nilai *time* 0,7892 dengan hasil nilai gaya reaksi total (RF total = RF Kiri + RF Kanan) sebesar 29,2012 ton dan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 57,0773 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 18,5762 mm. Grafik hubungan antara nilai gaya reaksi total dan perpindahan digambarkan pada **Gambar 4.28** sebagai berikut:



Gambar 4. 28 Hasil Pemodelan 60 cm RF Total Meshing 25



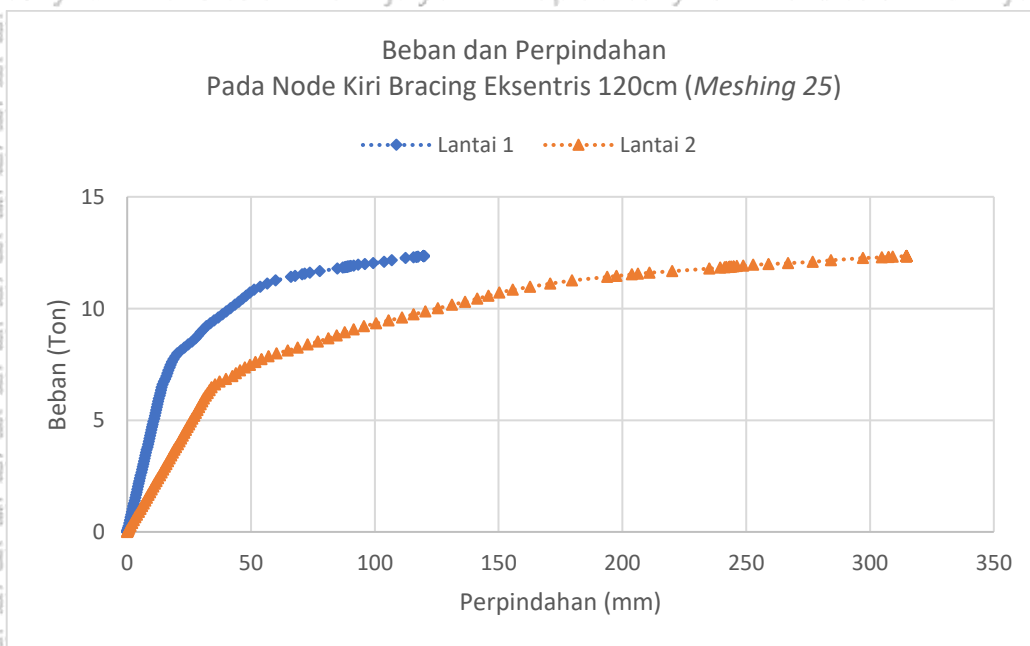
ODB: Job-2.odb Abaqus/Standard 6.14-1 Tue May 04 12:15:41 SE Asia Standard Time 2021
 Step: Job-1
 Increment: 102 Step Time = 0.7892
 Primary Var: U, Magnitude
 Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+00



Gambar 4. 29 Analisis Pemodelan Eksentris Tipe *Inverted-V* 60 cm Meshing 25

C. Hasil Analisis Portal *Bracing* Eksentris Tipe *Inverted-V* 120 cm

Analisis pada pemodelan portal ini, nilai gaya reaksi (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan dengan *meshing* 4 dari *node* bagian kiri dengan nilai *step time* 0,9176. Nilai gaya reaksi tumpuan kiri (*RF* kiri) sebesar 12,3421 ton dan nilai perpindahan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 119,8817 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 314,8122 mm. Gambar Grafik hubungan antara nilai beban dan perpindahan terlihat pada Gambar 4.30 sebagai berikut::



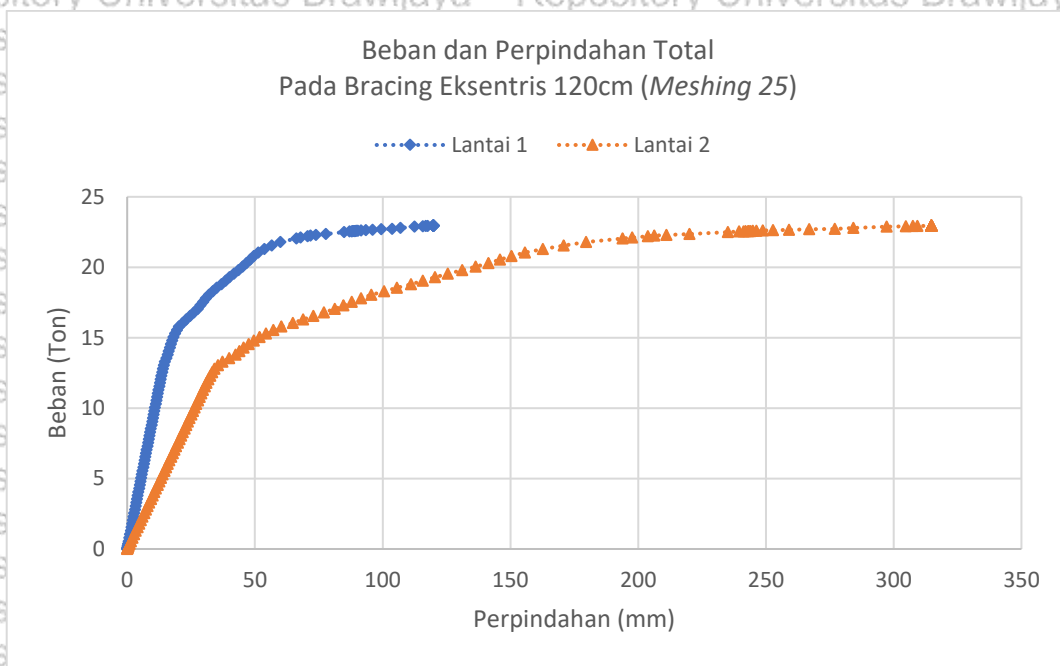
Gambar 4. 30 Hasil Pemodelan 120 cm Meshing 25 Node Kiri

Analisis pada pemodelan portal ini, nilai gaya reaksi (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan dengan *meshing* 4 dari *node* bagian kiri dengan nilai *step time* 0,9176. Nilai gaya reaksi tumpuan kiri (*RF* kiri) sebesar 10,9580 ton dan nilai perpindahan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 119,8817 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 314,8122 mm. Gambar Grafik hubungan antara nilai beban dan perpindahan terlihat pada **Gambar 4.31** sebagai berikut:

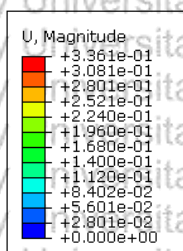


Gambar 4. 31 Hasil Pemodelan 120 cm Meshing 25 Node Kanan

Nilai gaya reaksi total (*RF* total) dan perpindahan yang dihasilkan oleh portal dengan *meshing* 4 struktur portal pada nilai *time* 0,9176 dengan hasil nilai gaya reaksi total (*RF* total = *RF* Kiri + *RF* Kanan) sebesar 22,9401 ton dan pada *node* kiri lantai 1 sebesar 119,8817 mm dan *node* kiri lantai 2 sebesar 314,8122 mm. Grafik hubungan antara nilai gaya reaksi total dan perpindahan digambarkan pada **Gambar 4.32** sebagai berikut:



Gambar 4. 32 Hasil Pemodelan 120 cm RF Total Meshing 25



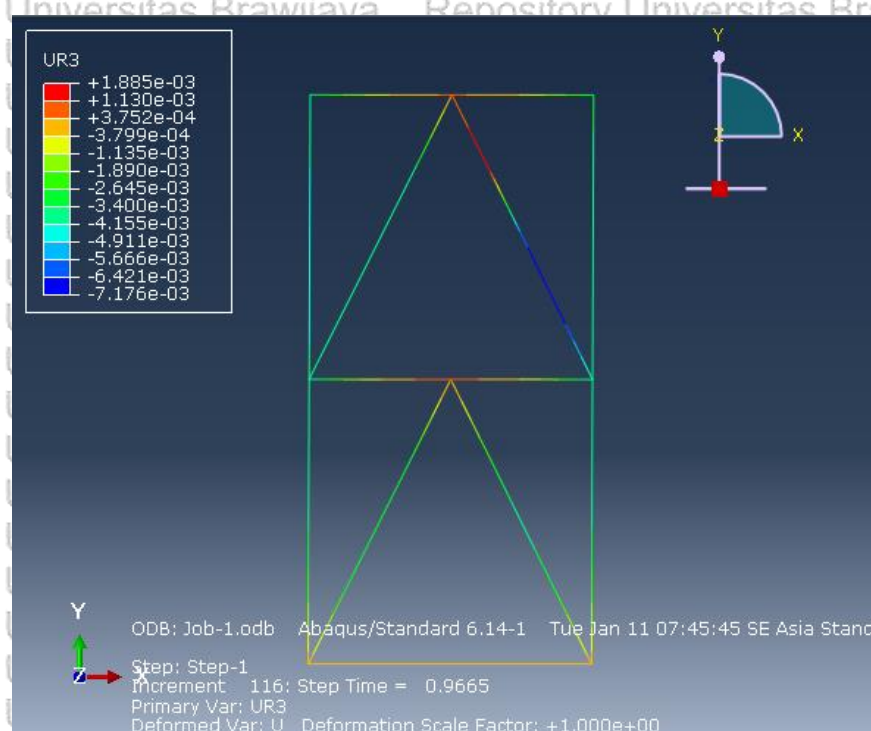
ODB: Job-2.odb, Abaqus/Standard 6.14-1, Tue May 04 12:44:49 SE Asia Standard Time 2021
 Step: Step-1
 Increment: 129, Step Time = 0.9176
 Primary Var: U, Magnitude
 Deformed Var: U, Deformation Scale Factor: +1.000e+00

Gambar 4. 33 Analisis Pemodelan Eksentris Tipe Inverted-V 120 cm Meshing 25

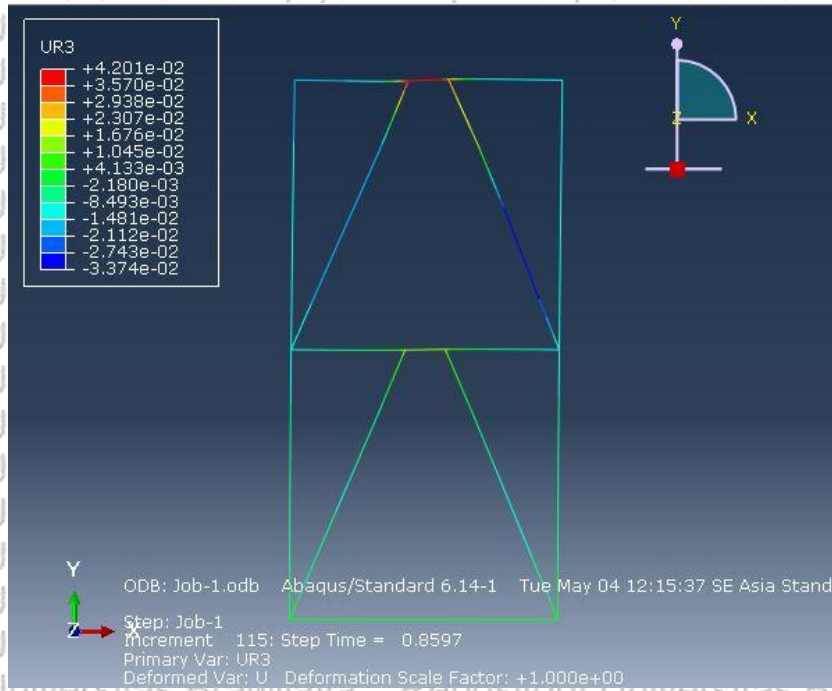
4.5 Hasil Momen Antar Pemodelan Portal Bracing Eksentris Tipe Inverted-V

Dapat dilihat bahwa nilai rotasi yang terjadi pada *link beam*/balok *link*, letaknya berada diantara dua pengekang eksentrik memiliki nilai yang besar sehingga dapat berpengaruh terhadap perilaku struktur. Semakin pendek balok *link* yang digunakan maka daktilitas, kekakuan dan kekuatan semakin lebih baik juga. Maka dari itu semakin besar deformasi dan rotasi yang terjadi maka momen yang dihasilkan pada kedua ujung balok *link* juga semakin besar. Hasil nilai momen yang ditunjukkan karena perilaku struktur dari 3 macam pemodelan struktur portal portal *bracing* eksentris tipe *Inverted-V* yang sudah dianalisis sebagai berikut.

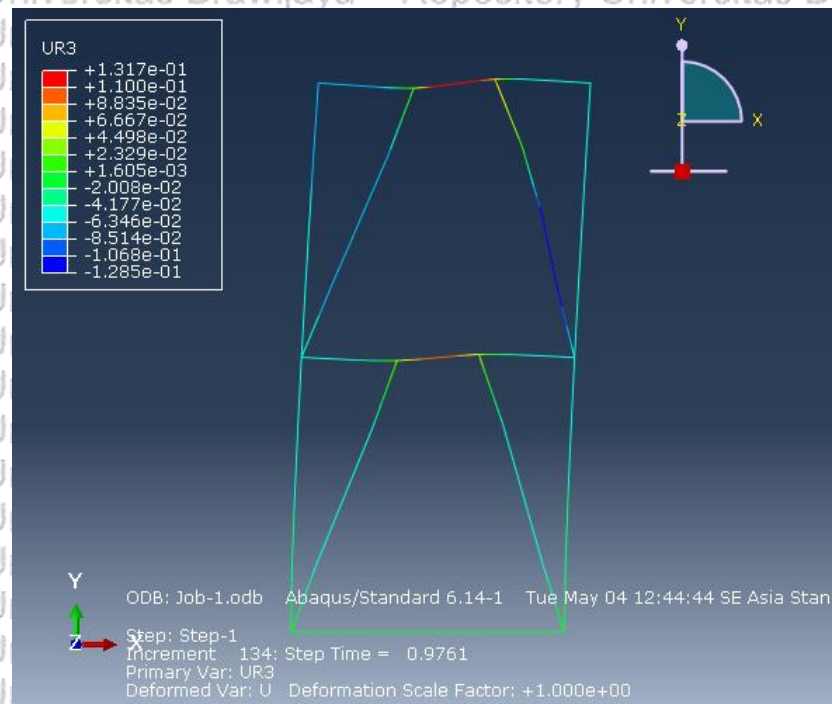
4.5.1. Hasil Momen Antar Pemodelan *Meshing* 4



Gambar 4. 34. Hasil Nilai Momen Pada Portal Konsentris *Meshing* 4



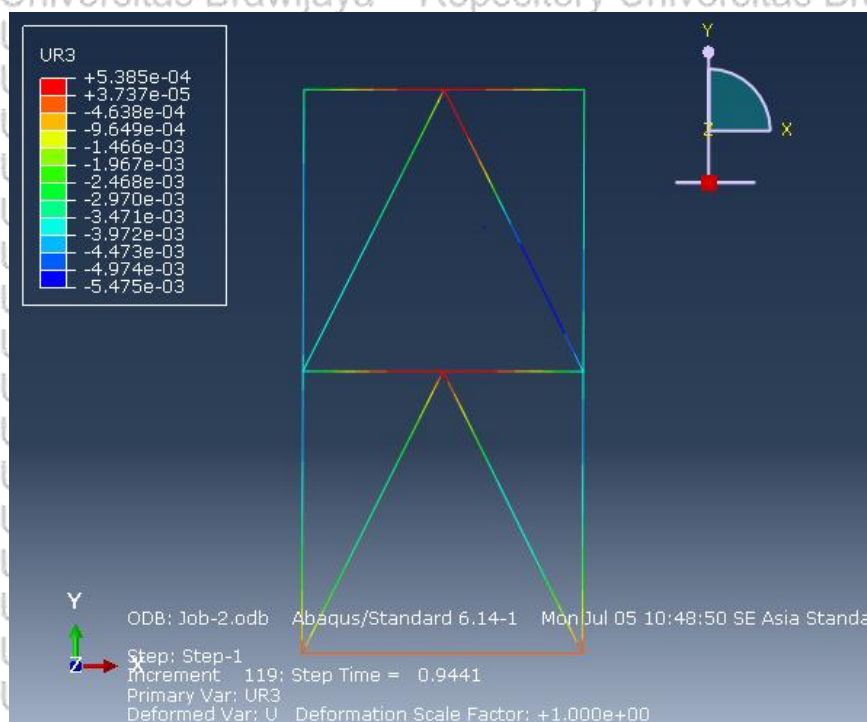
Gambar 4. 35 Hasil Nilai Momen Pada Portal Eksentris 60 cm Meshing 4



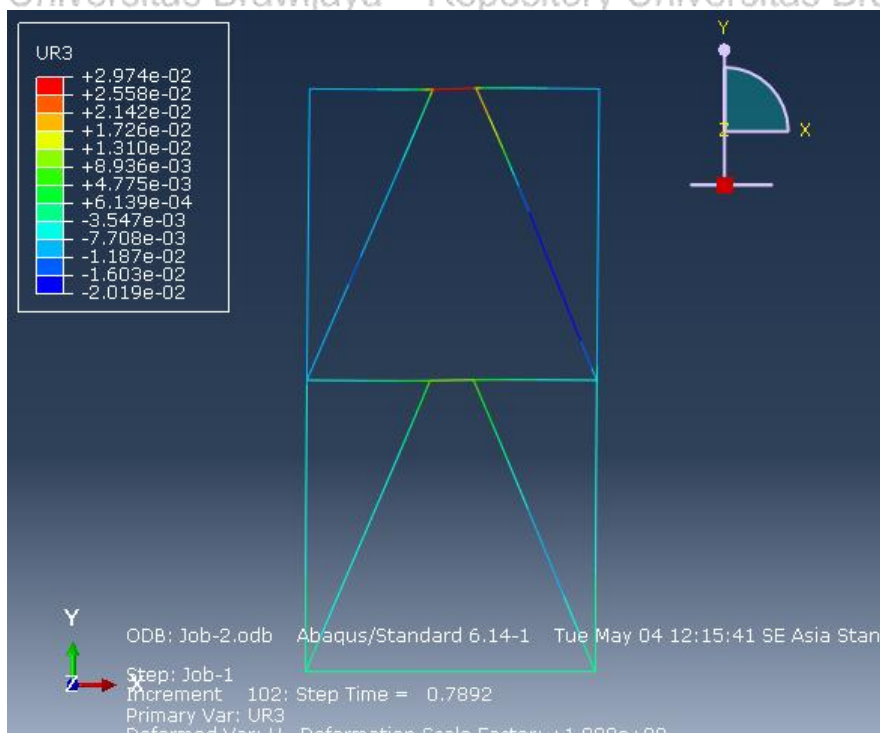
Gambar 4. 36 Hasil Nilai Momen Pada Portal Eksentris 120 cm Meshing 4

Dari ketiga gambar masing-masing pemodelan tiap *meshing* diatas. Dapat dilihat bahwa **Gambar 4. 34** yang tidak memiliki balok *link* sehingga deformasi dan rotasi yang terjadi pada struktur tidak terlalu besar. Sedangkan pada **Gambar 4. 36** ditunjukkan bahwa momen yang terjadi pada balok *link* dengan eksentrisitas 120 cm lebih besar dari pada **Gambar 4. 35** dengan eksentrisitas 60 cm.

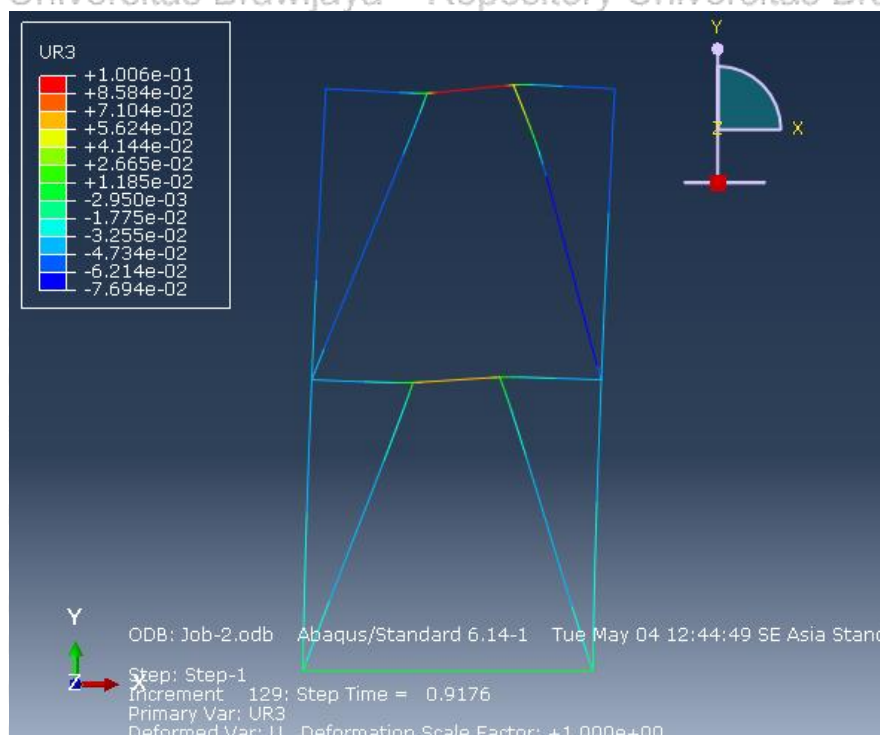
4.5.2. Hasil Momen Antar Pemodelan *Meshing* 25



Gambar 4. 37. Hasil Nilai Momen Pada Portal Konsentris *Meshing* 25



Gambar 4. 38 Hasil Nilai Momen Pada Portal Eksentris 60 cm Meshing 25



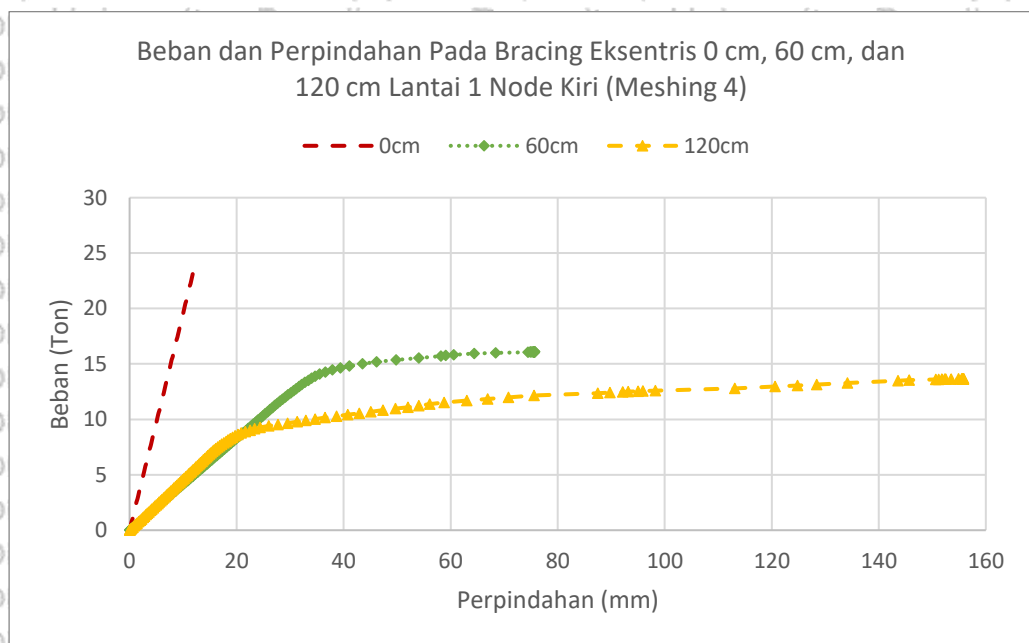
Gambar 4. 39 Hasil Nilai Momen Pada Portal Eksentris 120 cm Meshing 25

Dari ketiga gambar masing-masing pemodelan tiap *meshing* diatas, sama seperti perbandingan pemodelan *meshing* 4, dapat dilihat bahwa **Gambar 4. 37**, yang tidak memiliki balok *link* sehingga deformasi dan rotasi pada struktur tidak terlalu besar. Sedangkan pada **Gambar 4. 39** ditunjukkan bahwa momen yang terjadi pada balok *link* dengan eksentrisitas 120 cm lebih besar dari pada **Gambar 4. 38** dengan eksentrisitas 60 cm.

4.6 Hasil Perbandingan Pemodelan Struktur Pada Tiap *Meshing* 4 dan *Meshing* 25 Eksentrisitas 0 cm, 60 cm, dan 120 cm.

Dari hasil analisis 3 macam pemodelan struktur portal *bracing* eksentris tipe *Inverted-V* digabungkan dalam satu grafik antara nilai gaya reaksi (*force*) dan perpindahan (*displacement*) berdasarkan letak *node* dan besar *meshing*nya untuk melihat perbedaan hasil yang terjadi akibat pengaruh nilai eksentrisitas *bracing*.

4.6.1 Hasil Lantai 1 *Meshing* 4

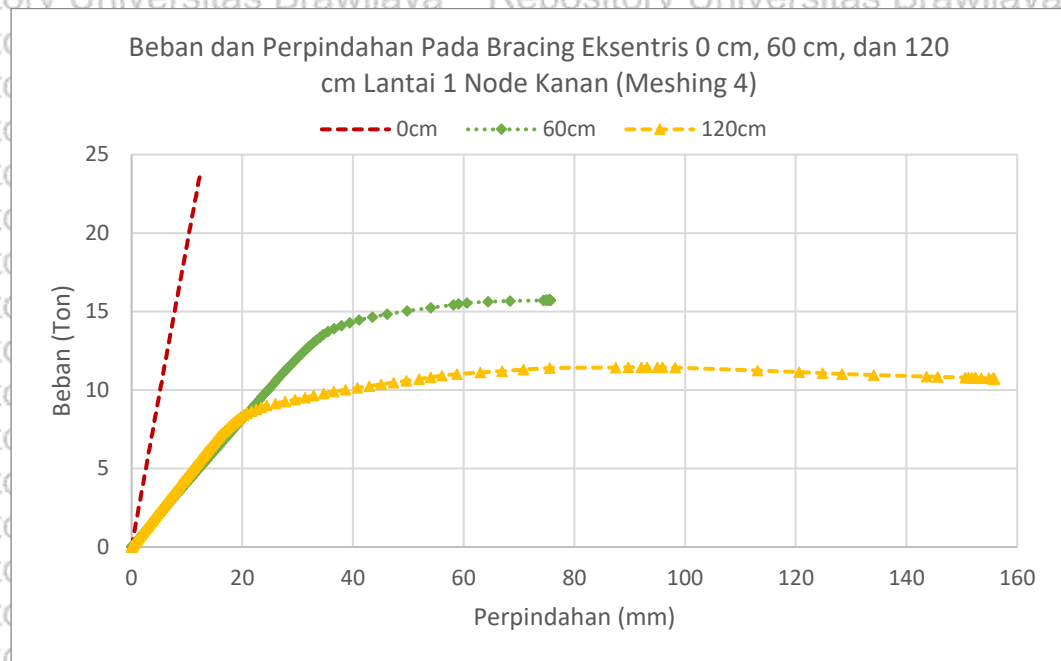


Gambar 4. 40 Grafik Gabungan Eksentris Tipe *Inverted-V* *Meshing* 4 Lantai 1 Node Kiri

Dari **Gambar 4. 40**, dapat diketahui bahwa pada perbandingan nilai gaya reaksi (*force*) dan perpindahan (*displacement*), struktur portal *bracing* eksentris 0 cm memiliki nilai beban yang paling besar daripada lainnya sedangkan struktur portal *bracing* eksentris 120 cm memiliki nilai perpindahan paling besar dibanding lainnya. Berikut merupakan tabel hasil dari pemodelan tersebut :

Tabel 4. 3 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe *Inverted-V Meshing 4* Lantai 1 Node Kiri

No.	Model Struktur Portal	Beban/Gaya (RF Kiri)	Perpindahan (U)
1	Konsentris 0 cm	24,4217 ton	12,4905 mm
2	Eksentris 60 cm	16,0856 ton	75,6030 mm
3	Eksentris 120 cm	13,6677 ton	155,7625 mm

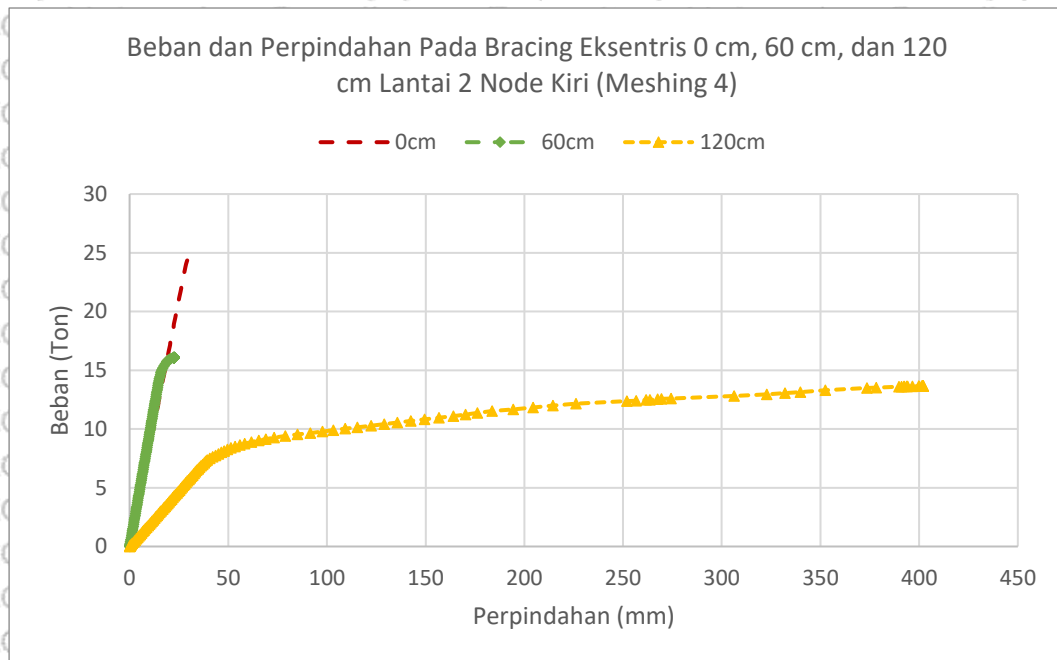
Gambar 4. 41 Grafik Gabungan Eksentris Tipe *Inverted-V Meshing 4* Lantai 1 Node Kanan

Dari Gambar 4. 41, dapat diketahui bahwa pada perbandingan nilai gaya reaksi (*force*) dan perpindahan (*displacement*), struktur portal *bracing* eksentris 0 cm memiliki nilai beban yang paling besar daripada lainnya sedangkan struktur portal *bracing* eksentris 120 cm memiliki nilai perpindahan paling besar dibanding lainnya. Berikut merupakan tabel hasil dari pemodelan tersebut :

Tabel 4. 4 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe *Inverted-V Meshing 4* Lantai 1 Node Kanan

No.	Model Struktur Portal	Beban/Gaya (RF Kanan)	Perpindahan (U)
1	Konsentris 0 cm	23,9013 ton	12,4905 mm
2	Eksentris 60 cm	15,7233 ton	75,6030 mm
3	Eksentris 120 cm	10,7339 ton	155,7625 mm

4.6.2 Hasil Lantai 2 Meshing 4

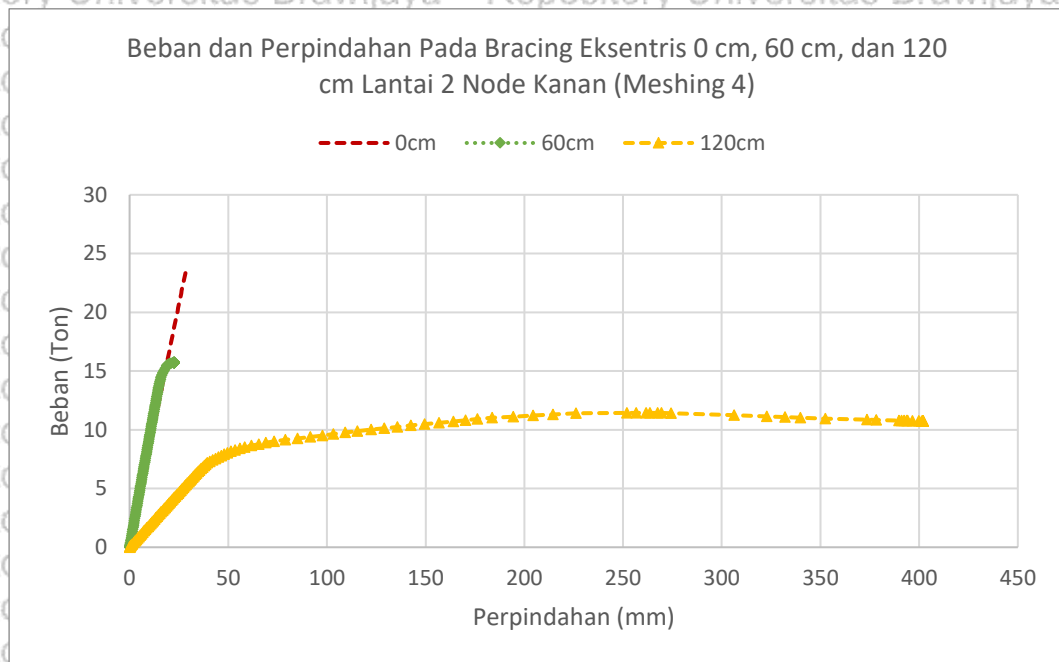


Gambar 4. 42 Grafik Gabungan Eksentris Tipe Inverted-V Meshing 4 Lantai 2 Node Kiri

Dari Gambar 4. 42, dapat diketahui bahwa pada perbandingan nilai gaya reaksi (*force*) dan perpindahan (*displacement*), struktur portal *bracing* eksentris 0 cm memiliki nilai beban yang paling besar daripada lainnya sedangkan struktur portal *bracing* eksentris 120 cm memiliki nilai perpindahan paling besar dibanding lainnya. Berikut merupakan tabel hasil dari pemodelan tersebut :

Tabel 4. 5 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe Inverted-V Meshing 4 Lantai 2 Node Kiri

No.	Model Struktur Portal	Beban/Gaya (RF Kiri)	Perpindahan (U)
1	Konsentris 0 cm	24,4217 ton	29,5027 mm
2	Eksentris 60 cm	16,0856 ton	22,5340 mm
3	Eksentris 120 cm	13,6677 ton	401,8759 mm



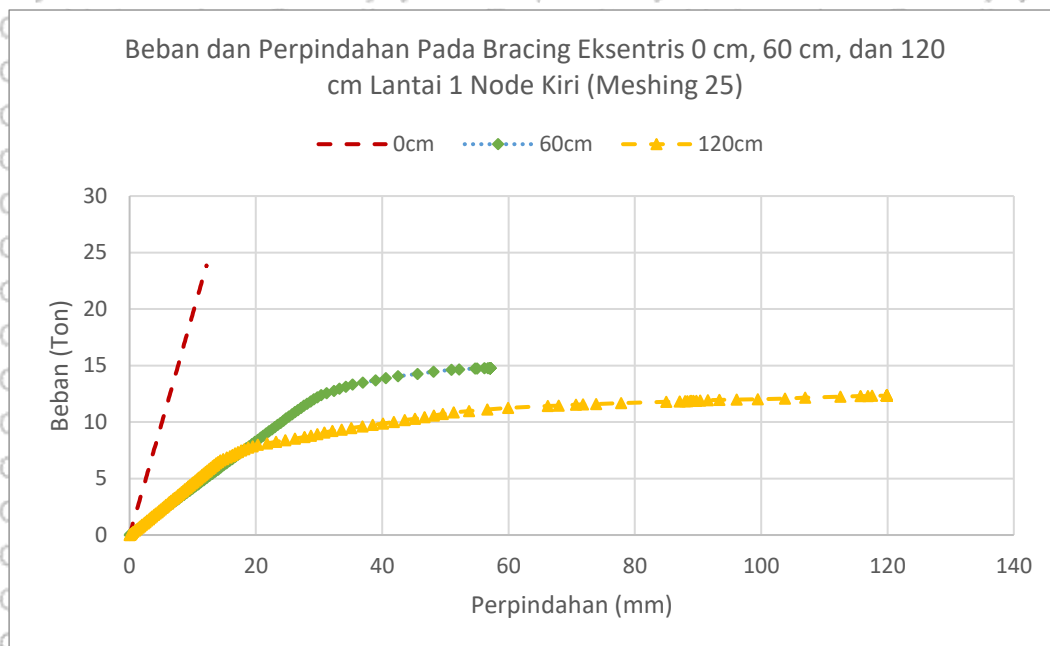
Gambar 4. 43 Grafik Gabungan Eksentris Tipe *Inverted-V Meshing 4* Lantai 2 Node Kanan

Dari *Gambar 4. 43*, dapat diketahui bahwa pada perbandingan nilai gaya reaksi (*force*) dan perpindahan (*displacement*), struktur portal *bracing* eksentris 0 cm memiliki nilai beban yang paling besar daripada lainnya sedangkan struktur portal *bracing* eksentris 120 cm memiliki nilai perpindahan paling besar dibanding lainnya. Berikut merupakan tabel hasil dari pemodelan tersebut :

Tabel 4. 6 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe *Inverted-V Meshing 4* Lantai 2 Node Kanan

No.	Model Struktur Portal	Beban/Gaya (RF Kanan)	Perpindahan (U)
1	Konsentris 0 cm	23,9013 ton	29,5027 mm
2	Eksentris 60 cm	15,7233 ton	22,5340 mm
3	Eksentris 120 cm	10,7339 ton	401,8759 mm

4.6.3 Hasil Lantai 1 Meshing 25

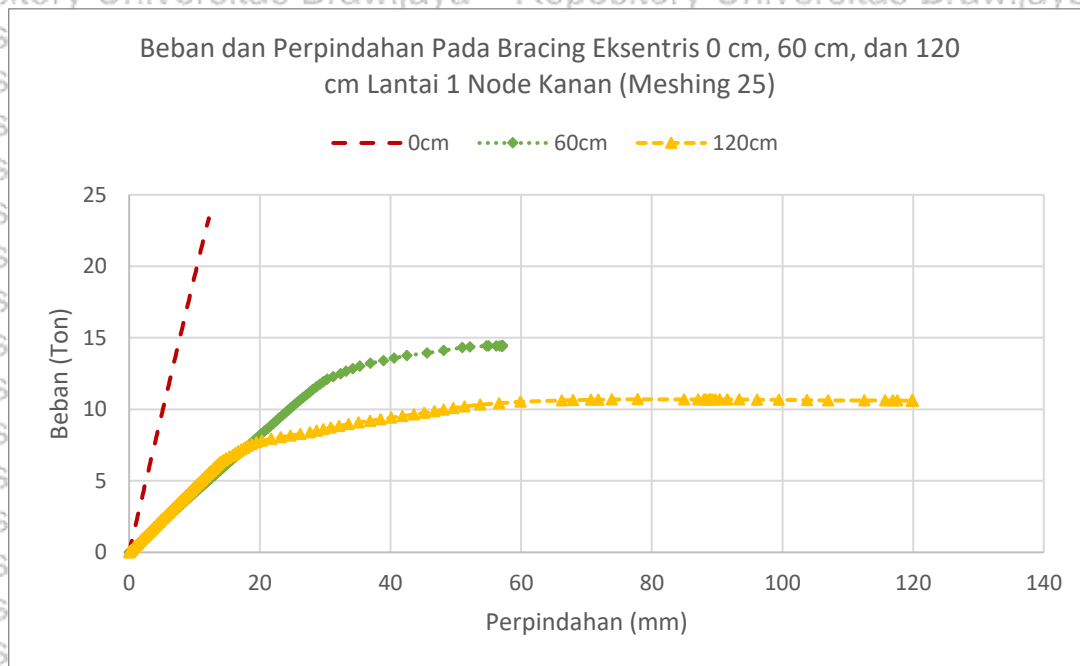


Gambar 4. 44 Grafik Gabungan Eksentris Tipe Inverted-V Meshing 25 Lantai 1 Node Kiri

Dari *Gambar 4. 44*, dapat diketahui bahwa pada perbandingan nilai gaya reaksi (*force*) dan perpindahan (*displacement*), struktur portal *bracing* eksentris 0 cm memiliki nilai beban yang paling besar daripada lainnya sedangkan struktur portal *bracing* eksentris 120 cm memiliki nilai perpindahan paling besar dibanding lainnya. Berikut merupakan tabel hasil dari pemodelan tersebut :

Tabel 4. 7 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe Inverted-V Meshing 25 Lantai 1 Node Kiri

No.	Model Struktur Portal	Beban/Gaya (RF Kiri)	Perpindahan (U)
1	Konsentris 0 cm	23,8460 ton	12,1816 mm
2	Eksentris 60 cm	14,7661 ton	57,0773 mm
3	Eksentris 120 cm	12,3421 ton	119,8817 mm



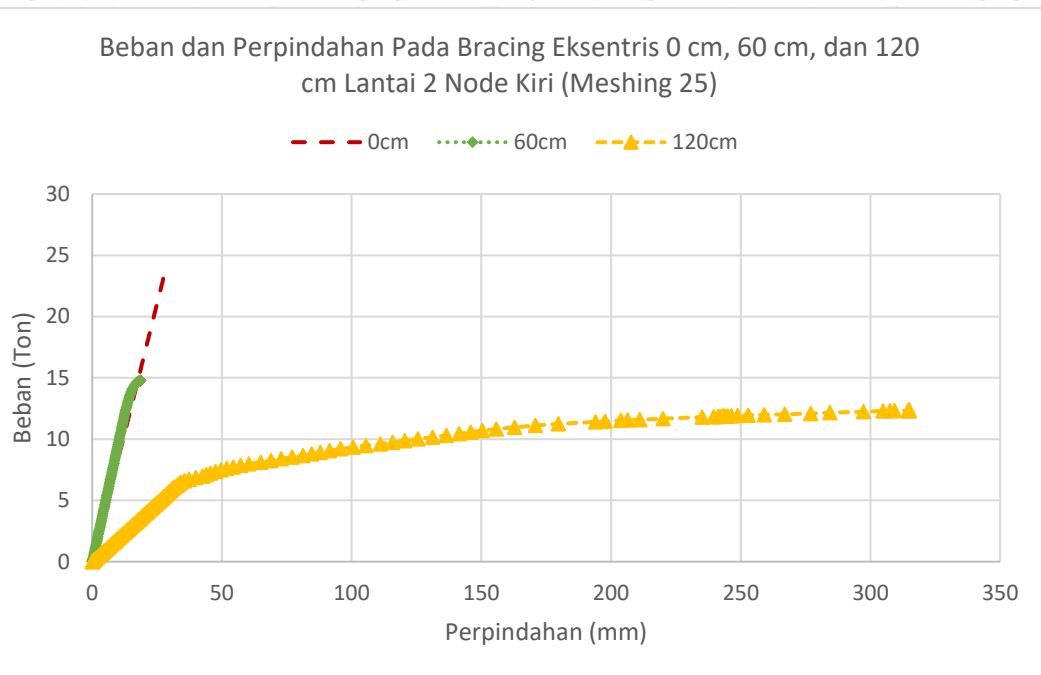
Gambar 4. 45 Grafik Gabungan Eksentris Tipe *Inverted-V Meshing 25* Lantai 1 Node Kanan

Dari *Gambar 4. 45*, dapat diketahui bahwa pada perbandingan nilai gaya reaksi (*force*) dan perpindahan (*displacement*), struktur portal *bracing* eksentris 0 cm memiliki nilai beban yang paling besar daripada lainnya sedangkan struktur portal *bracing* eksentris 120 cm memiliki nilai perpindahan paling besar dibanding lainnya. Berikut merupakan tabel hasil dari pemodelan tersebut :

Tabel 4. 8 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe *Inverted-V Meshing 25* Lantai 1 Node Kanan

No.	Model Struktur Portal	Beban/Gaya (RF Kanan)	Perpindahan (U)
1	Konsentris 0 cm	23,3595 ton	12,1816 mm
2	Eksentris 60 cm	14,4351 ton	57,0773 mm
3	Eksentris 120 cm	10,5980 ton	119,8817 mm

4.6.4 Hasil Lantai 2 Meshing 25

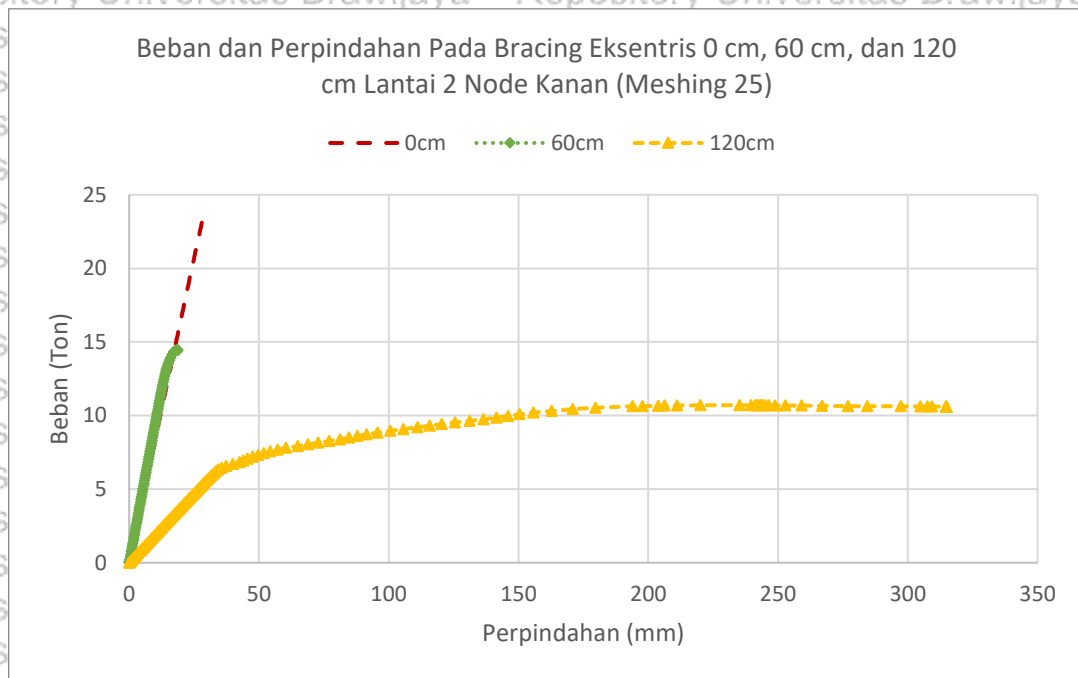


Gambar 4. 46 Grafik Gabungan Eksentris Tipe Inverted-V Meshing 25 Lantai 2 Node Kiri

Dari **Gambar 4.46**, dapat diketahui bahwa pada perbandingan nilai gaya reaksi (*force*) dan perpindahan (*displacement*), struktur portal *bracing* eksentris 0 cm memiliki nilai beban yang paling besar daripada lainnya sedangkan struktur portal *bracing* eksentris 120 cm memiliki nilai perpindahan paling besar dibanding lainnya. Berikut merupakan tabel hasil dari pemodelan tersebut :

Tabel 4. 9 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe Inverted-V Meshing 25 Lantai 2 Node Kiri

No.	Model Struktur Portal	Beban/Gaya (RF Kiri)	Perpindahani(U)
1	Konsentris 0 cm	23,8460 ton	28,4741 mm
2	Eksentris 60 cm	14,7661 ton	18,5762 mm
3	Eksentris 120 cm	12,3421 ton	314,8122 mm



Gambar 4. 47 Grafik Gabungan Eksentris Tipe *Inverted-V Meshing 25* Lantai 2 Node Kanan

Dari *Gambar 4. 47*, dapat diketahui bahwa pada perbandingan nilai gaya reaksi (*force*) dan perpindahan (*displacement*), struktur portal *bracing* eksentris 0 cm memiliki nilai beban yang paling besar daripada lainnya sedangkan struktur portal *bracing* eksentris 120 cm memiliki nilai perpindahan paling besar dibanding lainnya. Berikut merupakan tabel hasil dari pemodelan tersebut :

Tabel 4. 10 Hasil 3 Pemodelan Eksentris Tipe *Inverted-V Meshing 25* Lantai 2 Node Kanan

No.	Model Struktur Portal	Beban/Gaya (RF Kanan)	Perpindahan (U)
1	Konsentris 0 cm	23,3595 ton	28,4741 mm
2	Eksentris 60 cm	14,4351 ton	18,5762 mm
3	Eksentris 120 cm	10,5980 ton	314,8122 mm

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah menganalisis tiga model portal dengan eksentrisitas yang berbeda-beda pada tiap modelnya, hasil dari analisis portal 2 lantai dengan bracing eksentris tipe Inverted-V dengan program *software* ABAQUS *Student Version*, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai beban statis yang di *input* pada analisis ini merupakan coba-coba hingga struktur ini bisa runtuh dengan besarnya pembebanan mendekati beban maksimal tiap pemodelan, sehingga nilai yang di *input* tiap pemodelan juga berbeda-beda. Pada saat grafik hubungan beban (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) tiap pemodelan dibandingkan dengan dijadikan satu grafik, pemodelan portal yang mampu menahan beban maksimal terbesar merupakan portal 2 lantai dengan *bracing* konsentris dan portal 2 lantai dengan *bracing* eksentrisitas 120 cm mendapatkan nilai gaya gaya reaksi atau mampu menahan beban maksimal paling kecil dari lainnya.
2. Struktur portal 2 lantai *bracing* eksentris mempunyai nilai perpindahan yang besar di bagian kiri struktur dibandingkan di bagian kanan struktur, sehingga *node* yang dibuat hanya terdiri dari *node* kiri pada lantai 1 portal dan *node* kiri pada lantai 2 portal. Selain itu, nilai perpindahan dipengaruhi juga oleh letak pembebanan pada struktur portal. Saat ketiga model portal dengan nilai eksentrisitas berbeda dibandingkan, struktur portal dengan nilai perpindahan terkecil adalah struktur portal konsentris atau eksentrisitas 0 cm, dan struktur portal 2 lantai *bracing* eksentris dengan nilai perpindahan terbesar merupakan struktur portal eksentris 120 cm. Hasil yang didapatkan dari *meshing* 4 dan *meshing* 25 tidak terlalu jauh berbeda, dapat dilihat dari gambar grafik, akan tetapi nilai-nilai beban (*force/RF*) dan perpindahan (*displacement/U*) yang didapatkan pada tiap pemodelan.
3. Nilai momen yang dihasilkan oleh balok *link* karena adanya eksentrisitas sangat mempengaruhi perilaku pemodelan struktur. Pada saat pemodelan portal dengan eksentrisitas 60 cm dan 120 cm dibandingkan, portal dengan eksentrisitas lebih kecil dapat menahan beban lebih besar disebabkan balok *link* pada eksentrisitas 120 cm runtuh terlebih dahulu karena momen yang terjadi pada balok tersebut lebih besar daripada momen yang terjadi pada balok *link* portal eksentrisitas 60 cm.

Faktor yang mempengaruhi nilai beban ($force/RF$) dan perpindahan ($displacement/U$) pada tiap pemodelan adalah nilai eksentrisitas pada *bracing* dengan semakin besar nilai eksentrisitas pada *bracing* maka kapasitas beban semakin kecil dan besarnya perpindahan akan semakin besar

5.2 Saran

Supaya hasil atau *output* yang didapatkan bisa lebih teliti dalam analisis penelitian struktur portal 2 lantai dengan *bracing* eksentris pada *software* ABAQUS *Student Version* dapat diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Menginput nilai *meshing* yang lebih besar atau banyak agar dapat melihat hasil yang lebih spesifik dan akurat karena semakin besar nilai *meshing* maka analisis yang didapat juga hampir sama dengan perilaku struktur yang sesungguhnya.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan bisa menggunakan pemodelan struktur portal *bracing* eksentris dengan bentuk dan ukuran *bracing* pemodelan lain agar bisa dibandingkan dan mendapatkan pemodelan struktur dengan hasil analisis yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruneau, Michel, and, Uang, Chia Ming, and, Sabelli, Rafael. 2011. *Ductile Design of Steel Structures*. United States : The McGraw-Hill Companies
- Engelhardt, Michael D., Popov, Egor P. 1989. *Behaviour of Long Links in Eccentrically Braced Frames*, Earthquake Engineering Research Center UBC/EER-89/01, College of Engineering University of California at Berkeley.
- Gardner, A. 2014. *Stability of buildings Parts 1 and 2 : General Philosophy and Framed Bracing*. London, United Kingdom : The Institution of Structural Engineers, International HQ.
- Gioncu, Victor and M. Mazzolani, Federico. 2011. *Earthquake Engineering for Structural Design*. New York, USA : Spon Press
- James M. Gere, Stephen P. Timoshenko; Alih Bahasa, Bambang Suryoatmono. 2000. *Mekanika Bahan, Jilid 1 Edisi Keempat*, Jakarta : Penerbit erlangga
- James M. Gere, Stephen P. Timoshenko; Alih Bahasa, Bambang Suryoatmono. 2000. *Mekanika Bahan, Jilid 2 Edisi Keempat*, Jakarta : Penerbit erlangga
- Jean Boubles, Raphael. 2020. *Troubleshooting Finite-Element Modeling with Abaqus : With Application in Structural Engineering Analysis*. Cham, Switzerland : Springer Nature Switserland AG.
- Khennane, Amar. 2013. *Introduction to Finite Element Anaysis Using MATLAB and ABAQUS*. CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC
- K. Dungal, Shashikant. 2013. *Earthquake – Resistant Design of Structures Second Edition*. Oxford University Press
- Li, Guo-Qiang, and Li, Jin-Jun. 2007. *Advances Anayisis and Design of Steel Frames*, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO10 8SQ, England : John Wiley & Sons Ltd.
- Mander, J.B., Priestley, M.J.N., dan Park, R. 1988. “Observed Stress-Strain Behaviour of Confined Concrete” *Journal of the Structural Division*, ASCE, Vol. 114, No. 8
- Medianto, Yodie, dan Iranata, Data, dan Kristijanto, Heppy. 2013. “Studi Perbandingan Perencanaan Struktur Menggunakan SPMM, SRBK, dan SRBK menggunakan Outrigger Belt Truss pada Apartemen Season City Tower A”. *Jurnal Teknik Pomits* Vol.1, No.1.

Salmon CG dan John E. Johnson. 1992. *“Struktur Baja Desain dan Perilaku Edisi I”*.

Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Sathi, Khrisna. 2014. *Principles of Structural Analysis – Static And Dynamic Loads*.

Exron, Pennsylvania : Bentley Institute Press.

Simatupang, Alfredo. 2015. *“Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Kampus UNESA*

Menggunakan Baja Sistem Eccentrically Braced Frames (EBF)”. Jurnal Sipil ITS –

R141501

