

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN SIMULASI GAYA AKSIAL DAN LATERAL
PLAIN WALL BETON RINGAN ANTARA CAMPURAN
STYROFOAM DENGAN COATING DAN ABU SEKAM PADI
DENGAN FLY ASH**

(Studi Penelitian)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

JAKA SYAHPUTRA
1607210169



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 – EXT. 12
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> Email : fatek@umsu.ac.id



LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Jaka Syahputra
NPM : 1607210169
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perbandingan Simulasi Gaya aksial dan Lateral *Plain Wall Foam* Beton Ringan Antara Campuran *Styrofoam* dengan *Coating* Dan Abu Sekam Padi Dengan *Fly Ash* (Studi Penelitian)
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 23 Oktober 2020

Dosen Pembimbing

Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

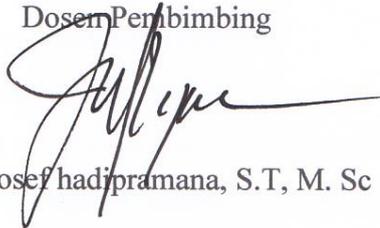
Nama : Jaka Syahputra
NPM : 1607210169
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perbandingan Simulasi Gaya Aksial dan Lateral *Plain Wall*
Beton Ringan Antara Campuran *Styrofoam* dengan *Coating*
Dan Abu Sekam Padi Dengan *Fly Ash*
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 Oktober 2020

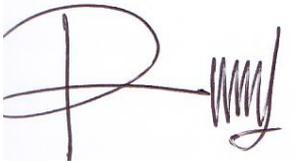
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



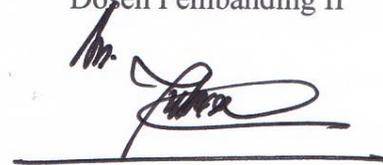
Dr. Josef hadipramana, S.T, M. Sc

Dosen Pembanding I



Dr. Fetra Venny Riza

Dosen Pembanding II



Rizki Efrida, S.T, M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Jaka Syahputra
Tempat, Tanggal Lahir : Sei Tualang, 01 Agustus 1995
NPM : 1607210169
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Perbandingan Simulasi Gaya Aksial Dan Lateral *Plain Wall* Beton Ringan Antara Campuran *Styrofoam* Dengan *Coating* Dan Abu Sekam Padi Dengan *Fly Ash*”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjana saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 Oktober 2020

Saya yang menyatakan,



Jaka Syahputra

ABSTRAK

PERBANDINGAN SIMULASI GAYA AKSIAL DAN LATERAL *PLAIN WALL* BETON RINGAN ANTARA CAMPURAN *STYROFOAM* DENGAN LAPISAN *COATING* DAN ABU SEKAM PADI DENGAN *FLY ASH*

Jaka Syahputra

1607210169

Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc

Dinding adalah suatu struktur padat yang membatasi dan kadang melindungi suatu area yang dipasang secara vertikal. Hasil penelitian sebelumnya oleh Enda *et al.*, 2016 dan Puro, 2014 menyatakan bahwa pemanfaatan material dari berbagai bahan limbah mempunyai daya dukung yang cukup baik untuk dijadikan berbagai kebutuhan beton ringan. Pemanfaatan beton ringan sebagai dinding cukup efektif karena fungsi utama dinding bukan sebagai struktur utama pada suatu konstruksi. Namun pada kenyataannya dinding juga berpengaruh terhadap gaya-gaya yang bekerja pada struktur di sekitarnya. Hal ini membuat dinding juga berpengaruh terhadap gaya aksial dan lateral. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perilaku dinding polos beton ringan akibat beban aksial dan lateral dengan menggunakan pemodelan metode elemen hingga. Ruang lingkup daya dukung beton ringan yang digunakan diambil dari tinjauan literatur hasil penelitian sebelumnya. Dinding panel dimodelkan sebagai elemen solid 3D. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah informasi tegangan akibat beban yang bekerja dan deformasi yang terjadi pada dinding, yaitu untuk mengetahui kemungkinan lokasi kerusakan pada dinding panel. Hasil simulasi diketahui bahwa saat beban sebesar 1000 N akan terjadi deformasi maksimum sebesar 0,002 mm pada dinding beton ringan Enda dkk dan 0,16 mm pada dinding beton ringan Sarjono Puro, dan mengalami *stress* sebesar 0,084 Mpa di kedua dinding beton ringan tersebut. Secara simulasi dinding beton ringan Enda dkk lebih kuat dibandingkan dinding beton ringan Sarjono Puro, artinya beton dengan material *Styrofoam* dengan lapisan *coating* lebih baik dibandingkan beton ringan dengan material abu sekam padi dengan *fly ash*. Dari informasi tersebut dapat diketahui besarnya beban kerja yang direkomendasikan mampu di tahan oleh dinding panel.

Kata kunci: Dinding Panel, Penelitian, Deformasi

ABSTRACT

COMPARISON OF SIMULATION OF AXIAL AND LATERAL PLAIN WALL FOR LIGHTWEIGHT CONCRETE BETWEEN STYROFOAM MIXED WITH COATING AND RICE HUSB ASH WITH FLY ASH

Jaka Syahputra

1607210169

Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc

A wall is a solid structure that limits and sometimes protects an area that is mounted vertically. The results of previous research by Enda et al., 2016 and Puro, 2014 stated that the use of materials from various limb materials has a sufficiently good bearing capacity to be used as various needs for lightweight concrete. The use of lightweight concrete as a wall is quite effective because the main function of the wall is not as the main structure in a construction. But in fact the wall also affects the forces acting on the surrounding structures. This makes the walls also affect axial and lateral forces. This study aims to study the behavior of lightweight concrete plain walls due to axial and lateral loads by using the finite element method modeling. The scope of the lightweight concrete carrying capacity used is taken from a literature review of previous research results. Panel walls are modeled as 3D solid elements. The conclusion that can be drawn from this research is the stress information due to the work load and the deformation that occurs on the wall, namely to determine the location of the damage to the panel wall. The simulation results show that when the load is 1000 N, there will be a maximum deformation of 0.002 mm on the lightweight concrete walls of Enda et al and 0.16 mm on the light concrete walls of Sarjono puro, and experiencing stress of 0.084 Mpa on the two light concrete walls. In simulations, Enda et al's lightweight concrete walls are stronger than Sarjono Puro's lightweight concrete walls, meaning that concrete with Styrofoam material with a coating layer is better than lightweight concrete with rice husk ash material with fly ash. From this information, it can be seen that the recommended workload is able to withstand the panel wall.

Keywords: Wall Panels, Research, Deformation

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perbandingan Simulasi Gaya Aksial dan Lateral *Plain Wall* Beton Ringan Antara Campuran *Styrofoam* Dengan *Coating* Dan Abu Sekam Padi Dengan *Fly Ash* (Studi Penelitian)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T, M.Sc selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dr. Fetra Venny Riza, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji sekaligus Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknik sipil kepada penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Orang tua penulis: Ayahanda tercinta Sabarudin, dan Ibunda tercinta Sugiati, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Terimakasih kepada rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2016.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, Oktober 2020

Jaka Syahputra

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Urgensi Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum Dinding	7
2.1.1 Dinding Struktural	7
2.1.2 Dinding Nonstruktural	7
2.2 Dinding Beton Ringan	7
2.3 Beton Ringan	8
2.3.1 Tinjauan Penelitian Pertama (Enda et al., 2016)	10
2.3.2 Tinjauan Penelitian Kedua (Puro, 2014)	14
2.4 <i>Finite element Analisis</i>	16
2.4.1 <i>Setting analisis</i> /komponen analisis	17
2.4.2 Model Simulasi Kegagalan	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.1.1 Studi Literatur	26

3.1.1.1 Mencari Refensi Tentang Penelitian Beton Ringan	26
3.1.1.2 Membuat Model Dinding Dengan <i>Software Khusus</i> Desain	26
3.1.1.3 Identifikasi parameter dan fisik model	27
3.1.2 Simulasi Numerik Dengan <i>Software Finite Element Method</i>	27
3.1.3 Hasil	27
3.1.4 Analisa Data	27
3.1.5 Kesimpulan	28
3.2 Mendesain Model Dinding Panel	28
3.3 Material Yang Digunakan	28
3.4 Simulasi Statik Struktural	30
3.4.1 <i>Engineering Data</i>	31
3.4.2 <i>Import Geometri</i>	31
3.4.3 Model Animasi dan Diagram Kontur	34
3.4.3.1 Material	34
3.4.3.2 <i>Mesh</i>	35
3.4.3.3 <i>Static Structural</i>	38
3.4.3.4 <i>Solution</i>	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Analisis Geometri Dan Material	43
4.2 Hasil Pengujian Dinding	44
4.2.1 Pengujian Dinding Beton Ringan (Enda et al., 2016)	44
4.2.2 Pengujian Dinding Beton Ringan (Puro, 2014)	71
4.3 Penyajian Data hasil Pengujian	99
4.3.1 Penyajian Perbandingan Hasil Simulasi	90
4.3.1 Hasil Perbandingan Secara Simulasi	100
BAB 5 PENUTUP	112
5.1 kesimpulan	112
5.2 Saran	114
DAFTAR PUSTAKA	115
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) <i>Styrofoam</i> yang belum dilapisi dengan <i>coating</i> (b) <i>Styrofoam</i> yang dilapisi dengan <i>coating</i>	10
Gambar 2.2 Grafik hubungan antara kode campuran dan berat isi beton	12
Gambar 2.3 Grafik hubungan antara kode campuran dan kuat tekan beton	13
Gambar 2.4 Grafik hubungan antara komposisi dan kuat tekan	15
Gambar 2.5 Grafik hubungan antara komposisi dan kuat tekan	16
Gambar 2.6 Grafik hubungan antara kuat tekan dan fas	16
Gambar 2.7 Pemecahan elemen objek	21
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian	25
Gambar 3.1 Beton ringan hasil penelitian dari (Enda et al., 2016)	26
Gambar 3.2 Gambar 2D dinding panel (a) Tampak depan (b) Potongan A-A (c) Potongan B-B	28
Gambar 3.3 Gambar 3D pada geometri 3D desain	29
Gambar 3.4 Bentuk 3D dinding (a) tampak depan (b) tampak samping (c) tampak atas	29
Gambar 3.5 Cara membuat material baru pada <i>software finite element method</i>	31
Gambar 3.6 Melengkapi data-data untuk material baru (a) <i>Density</i> (b) <i>Young,s Modulus</i> dan <i>Poisson's Ratio</i> (c) <i>Compressive Ultimate</i>	32
Gambar 3.7 Mengimport gambar dari <i>software</i> desain ke <i>software finfite element</i>	34
Gambar 3.8 Bentuk 3D dari desain pada model	34
Gambar 3.9 Memilih material yang akan digunakan	35
Gambar 3.10 Grafik hubungan antara time step dan deformasi	37
Gambar 3.11 <i>Generate mesh</i>	37
Gambar 3.12 Memasukan tumpuan pada model	38
Gambar 3.13 Memasukan gaya aksial	39
Gambar 3.14 Cara memasukan beban lateral secara merata	39
Gambar 3.15 Cara mengatur arah dan besar beban	40
Gambar 3.16 Mengatur time step pembebanan	40
Gambar 3.17 Tahapan pembebanan	40
Gambar 3.18 Memasukan solusi <i>equivalent sress</i> dan <i>total deformation</i>	41

Gambar 3.19 Hasil deformasi	41
Gambar 3.20 Hasil dari <i>stress</i>	42
Gambar 3.21 Hasil <i>strain</i>	42
Gambar 4.1 Deformasi akibat gaya aksial dinding beton ringan Enda dkk	45
Gambar 4.2 Konsep momen lentur (Kh, 1984)	45
Gambar 4.3 Deformasi maksimum akibat gaya aksial dinding beton ringan Enda dkk	46
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara gaya dan deformasi yang terjadi akibat gaya aksial	47
Gambar 4.5 Stress yang terjadi akibat gaya aksial dinding beton ringan Enda dkk	48
Gambar 4.6 Stres maksimum yang terjadi akibat gaya aksial dinding beton ringan Enda dkk	49
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara <i>stress</i> dan gaya	50
Gambar 4.8 <i>Strain</i> yang terjadi akibat gaya aksial dinding beton ringan Enda dkk	51
Gambar 4.9 <i>Strain</i> maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk	51
Gambar 4.10 Grafik hubungan antara gaya aksial dan <i>strain</i>	53
Gambar 4.11 Grafik hubungan antara <i>stress</i> dan <i>strain</i>	53
Gambar 4.12 Deformasi dinding beton ringan Enda dkk terhadap gaya lateral	53
Gambar 4.13 Deformasi maksimum dinding beton ringan Enda dkk terhadap gaya lateral	55
Gambar 4.14 Grafik hubungan antara gaya dan deformasi	56
Gambar 4.15 <i>Stress</i> dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya lateral	57
Gambar 4.16 <i>Stress</i> maksimum dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya lateral	57
Gambar 4.17 Grafik hubungan antara gaya lateral dan stress dinding beton ringan Enda dkk	59
Gambar 4.18 <i>Strain</i> dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya lateral	60
Gambar 4.19 <i>Strain</i> maksimum yang terjadi akibat gaya lateral pada dinding beton ringan Enda dkk	60
Gambar 4.20 Grafik hubungan antara stress dan strain	61
Gambar 4.21 Deformasi dinding beton Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral	62
Gambar 4.22 Deformasi maksimum dinding beton Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral	62

Gambar 4.23 Grafik hubungan antara gaya dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja	64
Gambar 4.24 <i>Stress</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja	65
Gambar 4.25 <i>Stress</i> maksimum yang terjadi pada dinding beton Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja	65
Gambar 4.26 Grafik hubungan antara gaya dan <i>stress</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja	67
Gambar 4.27 <i>Strain</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja	68
Gambar 4.28 <i>Strain</i> maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja	68
Gambar 4.29 Grafik hubungan antara gaya dan <i>strain</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja	70
Gambar 4.30 Grafik hubungan <i>stress</i> dan <i>strain</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja	71
Gambar 4.31 Deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial	72
Gambar 4.32 Deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial	72
Gambar 4.33 Grafik hubungan antara gaya aksial dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	74
Gambar 4.34 <i>Stress</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial	75
Gambar 4.35 <i>Stress</i> maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial	75
Gambar 4.36 Grafik hubungan antara gaya aksial dan <i>stress</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	77
Gambar 4.37 <i>Strain</i> maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial	77
Gambar 4.38 <i>Strain</i> maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono puro akibat gaya aksial yang bekerja	78
Gambar 4.39 Hubungan antara gaya aksial dan <i>strain</i> pada dinding beton ringan Sarjono Puro	79
Gambar 4.40 Hubungan antara gaya aksial dan <i>strain</i> pada dinding beton ringan Sarjono Puro	80

Gambar 4.41 Deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan arjono Puro akibat gaya lateral	81
Gambar 4.42 Deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral	81
Gambar 4.43 Grafik hubungan antara gaya lateral dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro secara simulasi	83
Gambar 4.44 <i>Stress</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral secara simulasi	84
Gambar 4.45 <i>Stress</i> maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral secara simulasi	84
Gambar 4.46 Grafik hubungan antara gaya lateral dan <i>stress</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	86
Gambar 4.47 <i>Strain</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral	86
Gambar 4.48 <i>Strain</i> yang terjadi pada dinding beton ringan sarjono Puro akibat gaya lateral	87
Gambar 4.49 Grafik hubungan antar gaya lateral dan <i>strain</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	88
Gambar 4.50 Grafik hubungan antara <i>stress</i> dan <i>strain</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral	89
Gambar 4.51 Deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral	90
Gambar 4.52 Deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral	90
Gambar 4.53 Grafik hubungan antara gaya dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	92
Gambar 4.54 <i>Stress</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral	92
Gambar 4.55 <i>Stress</i> maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral	93
Gambar 4.56 Grafik hubungan antara gaya dan <i>stress</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	94
Gambar 4.57 <i>Strain</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral	95
Gambar 4.58 <i>Strain</i> maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral	95
Gambar 4.59 Grafik hubungan antara gaya (aksial dan lateral) dan <i>strain</i> yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	97

Gambar 4.60 Grafik hubungan antara stress dan strain yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral	97
Gambar 4.61 Perbandingan deformasi antara dinding beton ringan Enda dkk dan Sarjono Puro	100
Gambar 4.62 Grafik perbandingan deformasi akibat gaya aksial	101
Gambar 4.63 Perbandingan deformasi akibat gaya lateral antara dinding beton ringan Enda dkk dan Sarjono Puro	101
Gambar 4.64 Grafik perbandingan deformasi akibat gaya lateral	102
Gambar 4.65 Perbandingan deformasi antara dinding beton ringan Enda dkk dan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral	102
Gambar 4.66 Grafik perbandingan deformasi akibat gaya aksial dan lateral	103
Gambar 4.67 Diagram batang hasil simulasi perbandingan deformasi antara beton ringan Enda dkk dan beton ringan Sarjono Puro	103
Gambar 4.68 Perbandingan stress antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro	104
Gambar 4.69 Grafik perbandingan stress akibat gaya aksial	104
Gambar 4.70 Perbandingan stress antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro	105
Gambar 4.71 Grafik perbandingan <i>stress</i> akibat gaya lateral	105
Gambar 4.72 Perbandingan <i>stress</i> antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral	106
Gambar 4.73 Grafik perbandingan stress akibat gaya aksial dan lateral	106
Gambar 4.74 Diagram batang hasil simulasi perbandingan <i>stress</i> antara beton ringan Enda dkk dan beton ringan Sarjono Puro	107
Gambar 4.75 Perbandingan <i>strain</i> yang terjadi antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan sarjono Puro	108
Gambar 4.76 Grafik perbandingan strain akibat gaya aksial	108
Gambar 4.77 Perbandingan <i>strain</i> antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro	108
Gambar 4.78 Grafik perbandingan <i>strain</i> akibat gaya lateral	109
Gambar 4.79 Perbandingan <i>strain</i> antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral	109
Gambar 4.80 Grafik perbandingan <i>strain</i> akibat gaya aksial dan lateral	110
Gambar 4.81 Diagram batang hasil simulasi perbandingan strain antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro	110

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi campuran Beton tipe 1 Per m ³ (Enda et al., 2016)	11
Tabel 2.2 Berat isi (Enda et al., 2016)	12
Tabel 2.3 Hubungan antara w/c terhadap kuat tekan (Enda et al., 2016)	13
Tabel 2.4 Komposisi beton ringan sampel D (Puro, 2014)	14
Tabel 2.5 Kuat tekan dan berat jenis sampel D (Puro, 2014)	14
Tabel 3.1 Data material dalam software simulasi	29
Tabel 3.2 Parameter desain dinding	29
Tabel 3.3 Data hasil percobaan <i>element size mesh</i>	35
Tabel 4.1 Data geometri dinding panel polos	43
Tabel 4.2 Data material hasil pengujian beton ringan (Enda et al., 2016)	43
Tabel 4.3 Data material hasil pengujian beton ringan (Puro, 2014)	43
Tabel 4.4 Tahapan pembebanan dinding berbahan beton ringan	44
Tabel 4.5 Besar deformasi dinding beton ringan material Dedi Enda akibat gaya aksial	46
Tabel 4.6 Pengaruh gaya terhadap stress yang terjadi pada dinding	47
Tabel 4.7 Pengaruh gaya aksial terhadap strain yang terjadi pada dinding	52
Tabel 4.8 Data hasil pengujian deformasi akibat gaya lateral dinding beton ringan Enda dkk	55
Tabel 4.9 Data hasil pengujian dinding beton ringan Enda dkk terhadap gaya lateral	58
Tabel 4.10 Data-data gaya dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral	63
Tabel 4.11 Data-data stress yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja	66
Tabel 4.12 Data-data gaya dan strain yang terjadi akibat gaya aksial dan lateral yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk	69
Tabel 4.13 Data-data gaya aksial dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	73
Tabel 4.14 Data-data gaya aksial dan stress yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	76
Tabel 4.15 Data-data gaya aksial dan stress yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	78

Tabel 4.16 Data-data gaya lateral dan deformasi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	82
Tabel 4.17 Data-data gaya lateral dan stress yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	85
Tabel 4.18 Hubungan antara beban dan strain pada dinding beton ringan Sarjono Puro	87
Tabel 4.19 Data-data gaya dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro	91
Tabel 4.20 Data-data gaya dan stress yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral	93
Tabel 4.21 Data-data gaya dan strain yang terjadi pada dinding beton Sarjono Puro	96
Tabel 4.22 Penyajian data hasil pengujian dinding beton ringan secara simulasi	99

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi, maka bertambah pula inovasi dan kreasi baru dalam pembuatan beton ringan, mulai dari bahan dan cara pembuatannya pun bermacam-macam. Setiap produk yang dihasilkan dari inovasi tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Sehingga, setiap melakukan pekerjaan konstruksi bangunan harus memilih bahan bangunan yang sesuai dengan jenis dan manfaat bangunan tersebut, agar dapat menghasilkan bangunan yang berkualitas dan ekonomis.

Salah satu bentuk inovasi dari perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) adalah dengan pembuatan beton ringan. Beton ringan pada umumnya tersusun dari bahan kapur, pasir, silika, semen dan air. Meskipun berbasis beton, namun justru memiliki berat jenis lebih ringan ketimbang material baja, beton bertulang, batu bata, batako bahkan kayu, sehingga berat beban struktur dari suatu konstruksi menjadi otomatis berkurang. Namun jika dilihat dari unsur material penyusun dari beton ringan tersebut memiliki kelemahan yaitu keterbatasan sumber daya materialnya seperti kapur dan silika sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu alternative penggunaan material yang murah dan memiliki sifat material yang sama dengan kapur, silika bahkan semen (Rijal & Sukandi, 2018).

Akhir-akhir ini beton ringan banyak digunakan sebagai bahan pembuatan dinding panel, hal ini karena beton ringan sangat mudah dalam pembuatannya dan harganya yang cukup murah. Pada perencanaannya, dinding beton ringan harus memiliki sifat yang kuat dalam menahan gaya aksial dan lateral. Dinding juga salah satu komponen struktur yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur, oleh sebab itu material campuran dalam pembuatan dinding beton ringan harus dapat meningkatkan daya dukung terhadap gaya aksial dan lateral.

Menurut Wahyudianto, (2019) kerusakan pada dinding bata yang sering terjadi karena tidak adanya struktur yang cukup untuk menahan dinding terhadap arah lateral gempa. Untuk mengetahui kemampuan dinding panel dalam menahan

gaya aksial dan lateral maka perlu dilakukan pengujian secara eksperimen dan simulasi. Akhir-akhir ini banyak sekali para peneliti yang melakukan penelitian dengan menggunakan simulasi dengan *software*, tujuannya adalah untuk mempermudah pekerjaan dan menghemat waktu.

Menurut Ade Susila *et al.*, (2015) dinyatakan bahwa diperlukan sebuah pendekatan statistik (*probabilistic*) untuk mengevaluasi kinerja pada benda uji yang menerima beban lateral. Evaluasi hasil-hasil uji eksperimental dan numerik terhadap struktur dinding batu bata dan portal rangka kayu tradisional dapat dipergunakan untuk memperediksi tingkat kerusakan akibat beban lateral monotonik maupun siklik. Interpretasinya dari *finite element method analisis* ini pada umumnya berkaitan dengan evaluasi terhadap perbaikan dan kemungkinan *cost* yang diperlukan pada struktur tersebut. *finite element method analisis* merekomendasikan penggunaan sebuah prosedur yakni *fragility function* sebagai salah satu prosedur sederhana untuk mengevaluasi tingkat kerusakan struktur. Dari studi ini, dibangun sebuah kurva *drift-base fragility* untuk memperoleh sebuah estimasi dari probailitas yang ditentukan oleh ambang batas lendutan (deformasi) pada puncak struktur. Deformasi akibat beban lateral monotonik maupun siklik biasanya diasosiasikan dengan beberapa kegagalan struktur awal misalnya berupa retak (*crack*) sampai pada pengamatan terhadap retak diagonal (*shear failure*) atau sampai pada keruntuhan secara total (*collapse*).

Pemodelan numerik dapat mewakili keadaan pengujian secara eksperimental. Menurut Pringgana, (2018) salah satu keunggulan dari teknik pemodelan numerik, yang jika dilakukan dengan benar, dapat menangkap fenomena tertentu yang tidak terdeteksi dalam pengujian eksperimental.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mencapai hasil tulisan ini maka dibuatlah rumusan masalah dibawah ini :

1. Bagaimana model *plain wall*/dinding polos yang menanggung gaya aksial dan lateral dalam simulasi?
2. Bagaimana simulasi dinding beton ringan menggunakan agregat kasar *Styrofoam* dan abu sekam padi dengan *fly ash* terhadap gaya aksial dan lateral?

3. Bagaimana hasil perbandingan hasil pengujian dinding beton ringan dengan menggunakan agregat kasar *Styrofoam* dan abu sekam padi dan *fly ash* gaya aksial dan lateral dalam simulasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian yang dilakukan adalah:

1. Untuk mengetahui bagaimana model *plain wall*/dinding polos yang menanggung gaya aksial dan lateral dalam simulasi.
2. Untuk mengetahui bagaimana simulasi dinding beton ringan menggunakan agregat kasar *Styrofoam* dan abu sekam padi dengan *fly ash* terhadap gaya aksial dan lateral.
3. Untuk mengetahui bagaimana hasil perbandingan hasil pengujian dinding beton ringan dengan menggunakan agregat kasar *Styrofoam* dan abu sekam padi dan *fly ash* terhadap gaya aksial dan lateral dalam simulasi.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperjelas masalah yang akan dibahas dan agar tidak terjadi pembahasan yang meluas atau menyimpang, maka perlu kiranya dibuat suatu batasan masalah. Adapun ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini, yaitu:

1. Simulasi menggunakan *software* metode elemen hingga.
2. Data material yang digunakan berasal dari jurnal penelitian oleh (Enda *et al.*, 2016) yaitu beton beragregat kasar *Styrofoam* dengan lapisan *coating* dan (Puro, 2014) yaitu beton ringan dengan menggunakan abu sekam padi dan *fly ash* dengan kandungan semen 350 kg/m^3 .
3. Data yang diambil adalah yang paling maksimum.
4. Dimensi dinding yang di uji adalah panjang = 180 cm lebar = 120 dan tebal = 10 cm.
5. Desain dibuat bentuk 3D.
6. *Meshing* menggunakan *element size* 20 mm.
7. Tumpuan dinding menggunakan tumpuan *constraint* di tiga sisi yaitu bawah, kanan dan kiri.

8. Beban aksial menggunakan beban merata.
9. Beban lateral menggunakan beban merata pada sisi dinding kearah sumbu Z.
10. Beban yang di berikan adalah *force isebesar* 1000 N.
11. Pengujian menggunakan *5 time step*.
12. Pengaruh yang ditinjau adalah *total deformation*, *equivalent stress* dan *equivalent strain*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari tujuan penulisan skripsi ini maka didapatkan beberapa manfaat sebagai berikut :

1. Untuk menambah pengetahuan di bidang bangunan khususnya pemanfaatan beton ringan sebagai alternatif pengganti dinding konvensional.
2. Untuk mengetahui daya dukung secara simulasi dinding beton ringan jika digunakan sebagai dinding.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai rujukan untuk penelitian selanjutnya terutama di bidang konstruksi dengan menggunakan simulasi.

1.6 Urgensi Penelitian

Penelitian ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui perilaku dinding panel polos yang dibebani oleh beban aksial dan lateral mengingat perilaku dinding yang dapat berdeformasi bahkan kadang mengalami kehancuran akibat beban yang bekerja disekitarnya. Kemampuannya harus diuji untuk mengetahui daya dukung dinding tersebut agar dapat mengansumsikan bangunan apa saja yang diizinkan menggunakan dinding tersebut.

Pada era sekarang ini, dunia konstruksi bersaing dalam menciptakan inovasi bahan konstruksi yang ramah lingkungan dan murah namun tetap memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Sejalan dengan itu, isu mengenai pemakaian bahan-bahan yang ramah lingkungan (*green materials*) dan pemanfaatan bahan-bahan terbuang untuk konstruksi (*eco green*) saat ini sedang gencar didengungkan. Maka dari itu, hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan dalam dunia konstruksi dan

dapat meregenerasi bahan konstruksi konvensional menjadi bahan konstruksi ramah lingkungan.

Adapun penggunaan metode elemen hingga atau *finite element method* dengan menggunakan software adalah untuk mempermudah analisa terhadap suatu pengujian material. Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan penelitian dengan menggunakan *finite element method* dan uji eksperimental lalu membandingkan hasilnya, dan ternyata hasilnya tidak jauh berbeda jika pengujian dilakukan dengan mengikuti prosedur yang benar dan menggunakan *hardwere* yang mendukung.

Penelitian ini juga sangat diperlukan untuk menunjang keahlian dalam menggunakan *software*. Di era sekarang ini memang banyak cara untuk mempermudah pekerjaan dalam bidang teknik sipil, salah satunya adalah dengan menggunakan *software*. Selain untuk keperluan konstruksi penggunaan aplikasi juga bermanfaat untuk para pelajar dan mahasiswa dalam menjalani *studinya*.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Dinding

Dinding adalah suatu struktur padat yang membatasi dan kadang melindungi suatu area. Umumnya, dinding membatasi suatu bangunan dan menyokong struktur lainnya, membatasi ruang dalam bangunan menjadi ruangan-ruangan, dan melindungi atau membatasi suatu ruang di alam terbuka.

Dinding adalah bagian konstruksi yang dipasang secara *vertikal* dengan fungsi sebagai pemisah antar ruang, baik antar ruang dalam maupun ruang dalam dan ruang luar. Pada saat ini dinding tidak hanya terbuat dari bata merah atau kayu namun dapat juga terbuat dari beton campuran busa (*foam*), *styrofoam concrete*, beton non pasir, *particle boar*, *gypsum* dll.

Selain itu dinding juga berfungsi sebagai penghalang sinar matahari, cuaca buruk yang berlebih sehingga suhu di dalam rumah tetap terjaga. Tidak hanya terbuat dari bahan batu bata merah atau hebel, namun dinding juga bisa dibuat dari material alami seperti kayu, bambu dan kaca.

Fungsi dinding tidak hanya sebagai pelindung dan pembatas dari suatu area saja tetapi dinding juga berfungsi menahan gaya gaya yang bekerja di sekitarnya. Pada sebuah dinding panel yang terpasang di suatu struktur bangunan tentu saja di pengaruhi oleh beban yaitu beban aksial dan lateral. Beban aksial itu sendiri datang dari bangunan bagian atas dinding yang merupakan lanjutan dari beban struktur dari atas dinding panel itu sendiri, sedangkan beban lateral adalah beban yang datang dari samping dinding biasanya berupa dorongan dari aktivitas di sekitar dinding tersebut maupun beban gempa.

Sebuah dinding yang di kenai beban biasanya akan menimbulkan deformasi ke suatu arah dan tegangan sesuai dengan beban yang bekerja. Ketahanan dinding terhadap beban yang mempengaruhinya tergantung pada material dan tumpuan dinding tersebut. Selain itu dimensi dinding tersebut juga mempengaruhi daya dukung karena adanya inersia dan kepadatan material yang bekerja dari dinding itu sendiri. Perilaku dinding yang di pengaruhi oleh beban aksial dan lateral

biasanya menimbulkan reksi pada dinding itu sendiri. Reaksi tersebut sesuai dengan perilaku material penyusun dinding tersebut.

Pemilihan material sangat diperlukan untuk menjaga bangunan tetap seimbang dan tidak mengalami kerusakan dengan cepat. Namun didalam dunia teknik dinding terbagi menjadi dua bagian yaitu dinding struktural dan dinding non struktural.

2.1.1 Dinding Struktural

Dinding Struktural adalah dinding yang berperan penting sebagai penyusun konstruksi bangunan atas, artinya selain pondasi, kolom dan rangka, dinding juga berperan untuk menopang beban bangunan atas lalu menyalurkannya kedalam tanah agar gaya dapat di redam.

2.1.2 Dinding Nonstruktural

Dinding Nonstruktural adalah dinding yang tidak berperan menopang beban bangunan atas, dinding Nonstruktural hanya memikul beban sendiri tanpa harus memikul beban dari bangunan di atasnya. Dinding ini tidak menjadi element penting dalam konstruksi bangunan melainkan hanya menjadi pembatas atau partisi di dalam ruangan. Dinding non struktural dibuat dari material gypsum, kaca, kayu untuk memberikan kesan estetika.

Dinding diasumsikan menerima gaya dari struktural rangka di sekelilingnya yang telah mengalami gaya aksial dan lateral sehingga dinding mengalami tekan dan tarik.

2.2 Dinding Beton Ringan

Pada umumnya dinding bangunan dibuat menggunakan batu bata, namun pengerjaannya sangat lama dan bobot dinding tersebut cukup berat. Alternatif yang digunakan untuk menggantikan dinding batu bata adalah dengan beton ringan, selain karena bobotnya yang lebih ringan dibandingkan dengan batu bata beton ringan juga dapat dibuat menggunakan limbah.

Pembuatan dinding beton ringan memang sudah sangat banyak di jumpai pada bangunan di sekitar kita, ada yang membuat batu bata dari material beton ringan

sebagai pengganti batu bata merah dan ada juga yang membuat dinding panel sebagai pengganti dinding konvensional.

Menurut Enda et al., (2016) dalam mendesain suatu bangunan, dinding pengisi pada portal biasanya diabaikan karena dianggap sebagai elemen non-struktural. Tetapi pada kenyataannya, dinding ikut mengalami deformasi ketika portal berdeformasi dalam menahan beban lateral berupa beban gempa. Sehingga keberadaan dinding pengisi pada portal, memiliki pengaruh terhadap kekuatan portal dalam menahan beban gempa.

Dinding beton ringan saat ini telah banyak digunakan sebagai pengganti dinding batu bata konvensional. Namun tidak semua dinding beton ringan sama kualitasnya, hal ini disebabkan oleh material pembuatnya yang berbeda. Beberapa penelitian telah banyak membuat berbagai macam dinding dari beton ringan baik dalam bentuk bata ringan maupun dinding panel. Di setiap penelitiannya harus ada pengujian baik eksperimen maupun dalam bentuk simulasi, tujuannya adalah agar dapat diketahui kemampuan dinding tersebut terhadap gaya aksial dan lateral termasuk untuk mengetahui dimana peran dinding tersebut dapat digunakan.

Penggunaan panel beton dalam pembangunan rumah dan gedung bertingkat bertujuan agar waktu konstruksinya dapat dipercepat. Dengan semakin cepat proyek konstruksi selesai tentunya dapat menghemat biaya konstruksi secara keseluruhan. Dengan adanya keunggulan tersebut maka beton ringan khususnya beton berpori sangat sesuai dan tepat untuk digunakan pada pembangunan perumahan, dan perkantoran (Has et al., 2016).

2.3 Beton Ringan

Beton ringan adalah sebuah beton yang terbuat dari agregat ringan. Menurut Standar Nasional Indonesia 03-2847 tahun 2002 beton ringan adalah beton yang beratnya kurang dari 1900 kg/m^3 . Adapun agregat yang bisa digunakan untuk membuat beton ringan yaitu abu sekam padi, serbuk cangkang telur, *fly ash*, serat kelapa, dan masih banyak agregat lain yang mungkin bisa digunakan sebagai bahan pembuatan beton ringan. Dari berbagai material tersebut ada yang digunakan sebagai pengganti semen dan ada juga yang digunakan sebagai bahan tambah.

Penggunaan agregat ringan sebagai pembuatan beton ringan juga sangat mempengaruhi kekuatan beton tersebut. Beberapa penelitian telah melakukan pengujian yang hasilnya adalah beton ringan mempunyai kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton normal.

Karena kekuatannya yang lebih rendah dibandingkan dengan beton normal maka beton ringan tidak dapat digunakan sebagai beton struktural. Itu sebabnya beton ringan menjadi salah satu alternatif pembuatan dinding panel. Hal ini disebabkan karena beton ringan tidak mampu menahan beban struktur.

Beton ringan di buat karena untuk mengurangi pencemaran udara akibat pembuatan semen *Portland*. Menurut Triastuti & Nugroho, (2017) memproduksi 1 ton semen *portland* dapat menghasilkan kurang lebih 1 ton gas CO_2 ke atmosfer. Sehingga penggunaan semen Portland dalam proses pembuatan beton untuk konstruksi dapat merusak lingkungan sehingga proses tersebut menjadi tidak ramah lingkungan dalam pengembangan lingkungan yang berkelanjutan.

Eksplorasi dalam bidang konstruksi menimbulkan dampak negatif yang harus segera ditanggulangi. Oleh karena itu pemikiran-pemikiran untuk membuat konstruksi berwawasan lingkungan mulai dikembangkan. Salah satunya dengan memanfaatkan limbah menjadi bahan pengganti sebagian pengisi konstruksi beton. Hal ini bertujuan untuk memperoleh teknologi beton yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Dengan demikian, beton ramah lingkungan (*green concrete*) adalah beton yang tersusun dari material yang tidak merusak lingkungan. Salah satunya berupa penggantian agregat penyusun beton dengan material yang tidak merusak lingkungan (Riyanto et al., 2017).

Akhir akhir ini para peneliti sudah sangat banyak meneliti tentang beton ringan, tujuannya adalah untuk mendapatkan beton ringan yang tepat guna dan ramah lingkungan.

Pada tahun 2013 (Pangouw et al., 2013) melakukan penelitian pembuatan beton ringan dengan memanfaatkan limbah abu ampas tebu yang di hasilkan oleh PT PG Gorontalo. Ampas tebu yang di hasilkan sebanyak 1,5 m³/jam. Kemudian mereka melakukan penelitian yang salah satu tujuannya adalah agar limbah tersebut tidak mencemari lingkungan. Dari hasil penelitian mereka mendapatkan

hasil kuat tekan beton dengan substitusi terbesarnya yaitu sebesar 25% mencapai 33,23 Mpa di umur 28 hari.

2.3.1 Tinjauan penelitian pertama (Enda et al., 2016)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Enda et al., (2016) yang berjudul “*Kajian Eksperimental Material dan Elemen Dinding Beton Beragregat Kasar Styrofoam dengan Lapisan Coating*” bahwa beton ringan dengan campuran *Styrofoam* dapat mencapai kekuatan hingga 14 Mpa. Penelitian ini menggunakan campuran material dengan pemanfaatan limbah dari *Styrofoam* yang sudah tidak terpakai yaitu dengan memanfaatkannya menjadi agregat kasar. Pembuatan agregat kasar ini dilakukan dengan cara melapisi *Styrofoam* dengan lapisan *coating*. Pada Gambar 2.1 dapat dilihat *Styrofoam* yang belum dilapisi dan yang dilapisi dengan *coating* (a-b)



(a)

(b)

Gambar 2.1: (a) *Styrofoam* yang belum di-*coating* (b) *Styrofoam* yang sudah di-*coating*.

Styrofoam dengan nama lain *polistirena foam* umumnya digunakan sebagai insulator pada bahan konstruksi bangunan. *Polistirena foam* merupakan bahan plastik yang memiliki sifat khusus dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat ruang antar butiran yang berisi udara yang tidak dapat menghantar panas sehingga hal ini membuatnya menjadi insulator panas yang sangat baik. *Polistirena foam* banyak dimanfaatkan dalam kehidupan, tetapi tidak dapat dengan mudah *direcycle* sehingga pengolahan limbahnya harus dilakukan secara benar agar tidak

merugikan lingkungan. Pemanfaatan *polistirena* bekas untuk bahan agregat dalam pembuatan beton merupakan salah satu cara meminimalisir limbah tersebut.

Material pembentuk lapisan (*coating*) pada agregat ringan buatan yang meliputi atas semen Portland tipe I, fly ash type F (Abu terbang sisa pembakaran batu bara) dan Air. Bahan *coating* yaitu (85% semen + 15% *fly ash*) + air dengan w/b yaitu 0,5. *Styrofoam* butiran yang digunakan berdiameter 3 mm sampai 15 mm.

Pada penelitiannya mereka menggunakan komposisi material pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Komposisi campuran Beton tipe 1 Per m³ (Enda et al., 2016).

Kode Campuran	w/c	Semen	Air	Pasir	Agregat Kasar	Metode
		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	
S0,8	0,8	252,37	201,9	760,99	419,834	ACI 211.1-91 dengan Agregat kasar Alwa Styrofoam
S0,7	0,7	288,43	201,9	731,79	419,834	
S0,6	0,6	336,5	201,9	692,86	419,834	
S0,5	0,5	403,8	201,9	638,36	419,834	
A	0,8	250	200	822,73	894,07	ACI 211.1-91 dengan Agregat Kasar Kerikil
B	0,7	285,71	200	793,81	894,07	
C	0,6	333,33	200	755,24	894,07	
D	0,5	400	200	701,25	894,07	

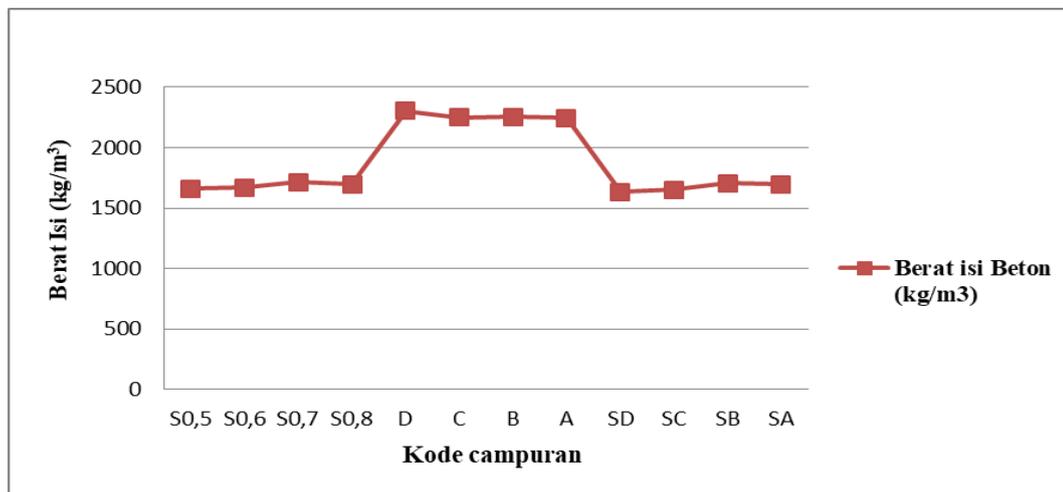
Dalam penelitian ini ada dua tipe beton yang dibuat berdasarkan campuran yang berbeda. Beton Tipe 1 dengan perencanaan campuran beton menggunakan ACI 211.1-91 dengan material penyusun semen, air, pasir dan ALWA styrofoam yang dengan w/c 0.5, 0.6, 0.7, dan 0.8, masing-masing diberi kode S05, S06, S07, dan S08 sehingga beton ini dikategorikan beton ringan. Beton Tipe 2 dengan perencanaan campuran beton menggunakan ACI 211.1-91 dengan material penyusun semen, air, pasir dan kerikil yang dengan w/c 0.5, 0.6, 0.7, dan 0.8, diberi kode A, B, C, D. Dengan menggunakan metode ACI 211.1-91 dibuat juga sampel beton dengan perbandingan volume, dimana agregat kasar yang digunakan ALWA styrofoam, dengan w/c 0.5, 0.6, 0.7, dan 0.8, diberi kode SA, SB, SC, SD beton ini dikategorikan beton normal.

Dari hasil komposisi beton ringan pada tabel 2.1 di atas maka mendapatkan beton ringan dengan berat isi dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2: Berat isi (Enda et al., 2016).

Kode campuran	w/c	Berat isi Beton (kg/m ³)
S0,5	0,5	1658,86
S0,6	0,6	1670,18
S0,7	0,7	1712,74
S0,8	0,8	1697,78
D	0,5	2302,39
C	0,6	2251,46
B	0,7	2252,97
A	0,8	2246,12
SD	0,5	1633,71
SC	0,6	1651,31
SB	0,7	1705,13
SA	0,8	1695,26

Berdasarkan Tabel 2.2 diketahui bahwa beart isi beton dengan agregat kasar *styrofoam* berada pada *range* 1633-1713 kg/m³. Sedangngkan berat isi beton normal berada pada *range* 2246-2303 kg/m³. Penurunan berat isi beton berkisar antara 25%-30% dari beton normal. Maka hubungan antara w/c pada tiap tipe beton terhadap berat isi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Grafik hubungan antara kode campuran dan berat isi beton.

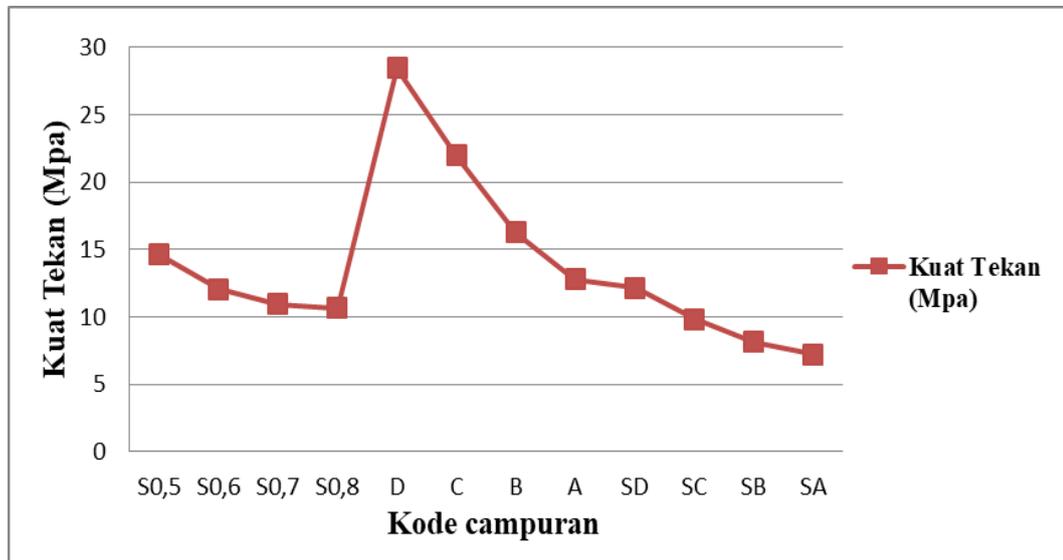
Setiap kode campuran beton memiliki kuat tekan yang berbeda beda sesuai dengan persentase campuran *styrofoam* yang terdapat pada beton tersebut. Untuk hasil uji kuat tekan beton tersebut berdasarkan kode campuran dan w/c dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Hubungan antara w/c terhadap kuat tekan (Enda et al., 2016).

Type Beton	w/c	Kuat Tekan (Mpa)
S0,5	0,5	14,62
S0,6	0,6	12,05
S0,7	0,7	10,94
S0,8	0,8	10,67
D	0,5	28,45
C	0,6	21,98
B	0,7	16,27
A	0,8	12,79
SD	0,5	12,16
SC	0,6	9,83
SB	0,7	8,13
SA	0,8	7,21

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa kuat tekan maksimum yang didapatkan pada sampel beton ringan adalah sebesar 14,62 Mpa yaitu pada tipe beton S0,5 dengan w/c 0,5 di usia 28 hari.

Maka hubungan antara kode campuran pada setiap kode beton terhadap kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3: Grafik hubungan antara kode campuran dan kuat tekan beton.

2.3.2 Tinjauan penelitian kedua (Puro, 2014)

Beberapa tahun yang lalu Puro, (2014) telah melakukan penelitian yang berjudul “*kajian kuat tekan dan kuat tarik beton ringan memanfaatkan sekam padi dan fly ash dengan kandungan semen 350 kg/m³*” dan hasilnya mendapatkan kuat tekan maksimal sebesar 238,83 kg/m² pada sampel D2 di umur 28 hari.

Penelitian yang dilakukan oleh Puro, (2014) pembuatan beton ringan di buat dengan material yang sangat mudah di dapatkan. Hal ini memungkinkan bahwa beton ringan hasil temuannya dapat di teruskan dan di kembangkan menjadi berbagai keperluan dalam bidang konstruksi. Ada dua tipe sampel beton yang dibuat dalam penelitian ini, yaitu sampel C dan D. Namun kuat tekan maksimum didapatkan pada sampel D yaitu D2. Pada sampel D2 Sarjono Puro menggunakan komposisi seperti pada Tabel 2.4. di bawah ini.

Tabel 2.4: Komposisi beton ringan sampel D (Puro, 2014).

Kode Sampel	Semen	Fly ash	Pasir	Sekam	Air	Fas
	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	Liter	(%)
D1	6492,5	0	6220	259,6	2,45	0,5
D2	6167,8	324,62	3887,5	436,6	2,21	0,47
D3	5843,2	649,25	318,6	318,6	2,45	0,56
D4	5518,6	973,87	495,6	495,6	2,7	0,65

Dari komposisi campuran beton ringan di atas mendapatkan kuat tekan dan berat jenis yang bervariasi yang dapat dilihat pada Tabel 2.5. Kuat tekan maksimum didapatkan pada kode sampel D2.7 yaitu sebesar 258,68 kg/cm² pada umur 28 hari dan dengan berat jenis 1880,19 kg/m³.

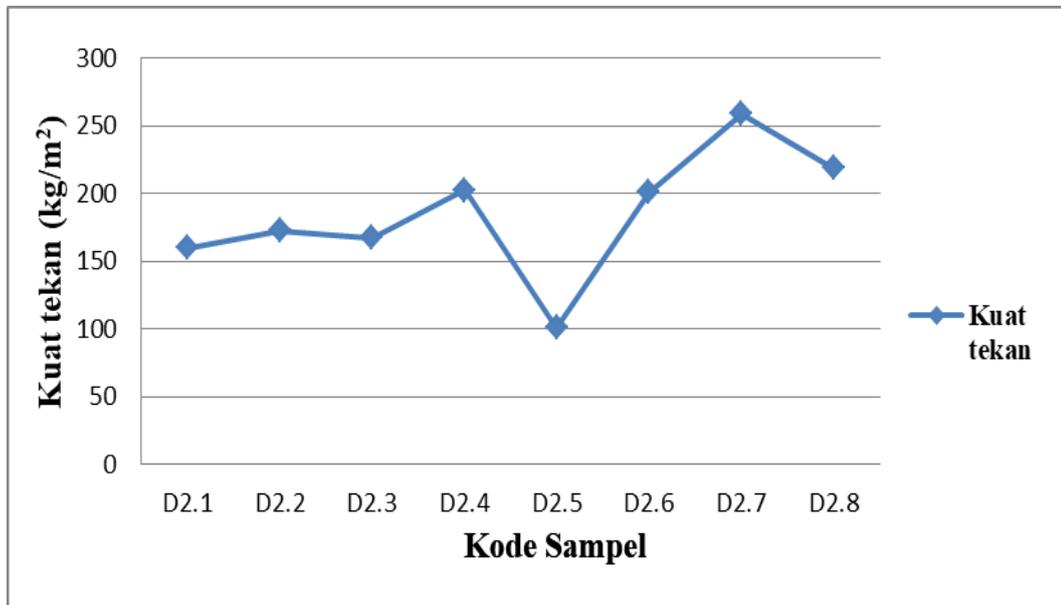
Tabel 2.5: Kuat tekan dan berat jenis sampel D (Puro, 2014).

hasil Uji kuat tekan Sampel D					
Kode Sampel	Umur	Berat	Berat Jenis	Kuat tekan	Kuat tekan Rata-rata
	(hari)	(kg)	(kg/m ³)	(kg/m ²)	kg/m ²)
D2.1	7	9,992	1885,28	160,1	166,355
D2.2	7	9,973	1881,7	172,61	
D2.3	14	9,626	1816,23	167,52	185,06
D2.4	14	9,808	1867,55	202,6	

Tabel 2.5: (lanjutan)

hasil Uji kuat tekan Sampel D					
Kode Sampel	Umur	Berat	Berat Jenis	Kuat tekan	Kuat tekan Rata-rata
	(hari)	(kg)	(kg/m ³)	(kg/m ²)	kg/m ²)
D2.5	21	9,864	1861,18	100,72	150,78
D2.6	21	9,621	1815,28	200,84	
D2.7	28	9,7	1880,19	258,68	238,85
D2.8	28	9,254	1740,04	219,02	

Dari data kuat tekan dan berat jenis pada Tabel 2.5 di atas maka dapat di lihat hubungan antara komposisi dan kuat tekan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.4: Grafik hubungan antara komposisi dan kuat tekan.

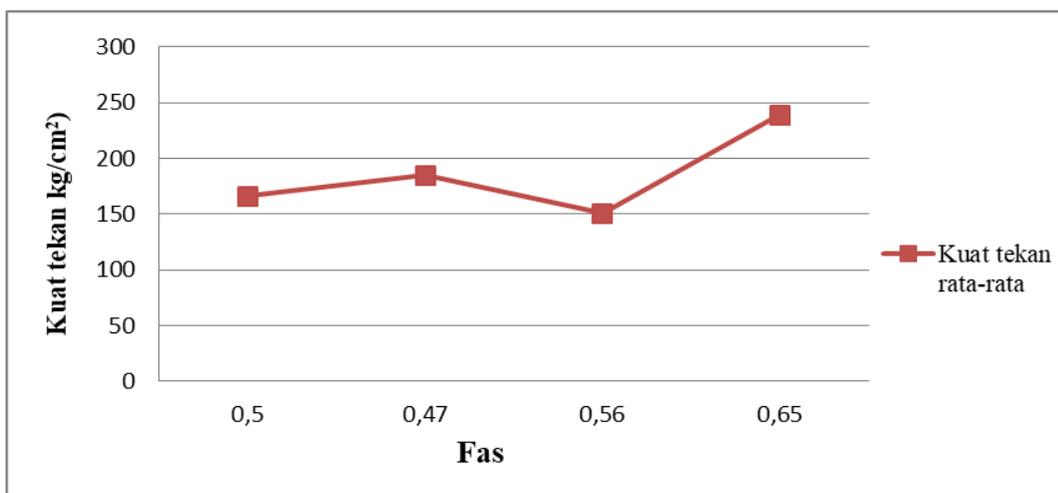
Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa kuat tekan yang didapatkan tidak *linear*. Pengujian dilakukan pada saat umur beton 7, 14, 21, dan 28 hari. Prosedur pengujian beton dilaksanakan berdasarkan SNI 03-1974-1990, benda uji diletakkan pada mesin tekan secara sentris. Tekan kekuatan dapat didefinisikan sebagai ketahanan maksimum diukur dari benda uji beton untuk beban aksial. Kuat tekan yang didapatkan di bawah kuat tekan rata-rata dari beton normal.

Hubungan antara komposisi beton ringan dan berat jenis dapat di lihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Grafik hubungan antara komposisi dan kuat tekan.

Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Grafik hubungan antara kuat tekan dan fas.

2.4 Finite Element Analisis

Konsep dasar *finite element analisis* adalah mendiskretisasi atau membagi suatu struktur menjadi bagian-bagian yang lebih kecil yang jumlahnya berhingga, kemudian melakukan analisis gabungan terhadap elemen – elemen kecil tersebut. Tujuan dari *finite element analisis* adalah untuk memperoleh nilai pendekatan numerik sehingga dapat diselesaikan dengan bantuan komputer, maka *Finite*

Element Analisis (FEA) dikatakan bersifat *computer oriented* (Awwaluddin et al., 2013). Hasil dari simulasi *finite element method* dapat mewakili uji laboratorium yang sesungguhnya.

Saat ini penggunaan *Finite Element Analisis* untuk menghitung dan mensimulasikan model dengan bantuan komputer mengalami perkembangan yang sangat pesat. Hal ini dikarenakan perkembangan hardware komputer yang sangat pesat pula sehingga mendukung proses perhitungan dengan metode numerik. Program *finite element analisis* yang berkembang pesat dan sangat membantu bagi pekerjaan analisis struktur yang membutuhkan penyelesaian cepat.

Software finite element dapat melakukan beberapa macam tipe simulasi yang berbeda seperti static struktural, thermal, mekanika fluida, analisa elektromagnetik, dll atau bahkan gabungan analisis seperti thermal dengan struktur atau lainnya sehingga lebih sering dikenal dengan Finite Element Multyphasic (Awwaluddin et al., 2013).

Pemodelan elemen hingga adalah salah satu metode yang paling efektif dan akurat untuk analisis dinamis suatu struktur yang menerima beban benturan (Pringgana, 2018). Dapat disimpulkan bahwa pemodelan elemen hingga dapat digunakan untuk mensimulasikan hasil keadaan untuk mewakili eksperimen dilapangan. Beberapa peneliti juga menyebutkan bahwa hasil kalibrasi dari metode elemen hingga dapat digunakan (*valid*).

2.4.1 Setting analysis/komponen analisis

2.4.1.1 Beban/Load

Beban adalah suatu gaya yang datang dari arah vertical maupun horizontal dan mempengaruhi suatu benda dan mempengaruhi benda tersebut. Sebuah benda jika di kenai gaya akan terjadi reaksi, tetapi jika benda tersebut tidak mampu menanggung besar gaya yang di terimanya maka benda tersebut akan mengalami perubahan bentuk, posisi bahkan kehancuran. Dalam *software* element hingga beban yang di gunakan biasanya *force, hydrostatic pressure* dll.

Menurut Badriyah, (2016) beban (*load*) dapat di wujudkan dengan gaya. Sedangkan gaya (*force*) adalah aksi atau pengaruh yang diterapkan pada sebuah benda yang menciptakan efek pada benda tersebut.

a. Beban aksial

Beban aksial adalah beban yang datang searah dengan benda yang menerima beban tersebut atau beban yang datang secara vertikal lalu tepat mengenai benda. Benda yang di kenai oleh beban aksial biasanya akan terjadi deformasi searah datangnya beban tersebut. Selain deformasi benda juga akan mengalami *strain* dan *stress*. Pada sebuah dinding beban aksial adalah beban yang datang dari struktur atas dinding tersebut lalu mengenai dinding tersebut. Sebuah dinding yang di kenai oleh beban aksial maka akan mengalami perubahan yaitu berupa dofrmasi, *stress* dan *strain*. Bearnya deformasi, *stress* dan *strain* tergantung pada besar beban yang bekerja dan daya dukung material dinding tersebut.

b. Beban lateral

Beban lateral adalah beban yang datang dari arah berpotongan dari benda yang di kenai beban tersebut atau searah sumbu Z. Beban lateral terjadi akibat dari aktivitas di sekitar benda, akibat gempa dan tiupan angin. Dalam simulasi metode element hingga beban lateral di asumsikan searah sumbu Z. Beban dapat di atur dengan mengenakan seluruh sisi dari geometri benda tersebut (beban merata) dan bias juga dengan menggunakan titik nodal (beban terpusat). Dinding yang di kenai beban lateral maka akan mengalami perubahan berupa berdeformasi, tegangan dan regangan. Besarnya perubahan tersebut tergantung pada beban yang bekerja, tumpuan dan materal dari dinding tersebut.

2.4.1.2 Tumpuan/*Constraint*

Tumpuan adalah tempat berpegangnya suatu benda untuk mempertahankan posisinya. Dalam simulasi metode elemen hingga tumpuan di modelkan dengan beberapa jenis. Untuk tumpuan jepit *software* metode element hingga menggunakan *fixed support* dan untuk tumpuan *roll* menggunakan *displacement*.

a. *Fixed support*

Fixed support dalam *software finite element* adalah sebagai tumpuan jepit yang fungsinya adalah menahan benda agar tetap mempertahankan posisinya. Jika beban yang bekerja terlalu besar maka yang terjadi pada benda tersebut yang bersinggungan dengan tumpuan akan mengalami *stress* bahkan mengalami kehancuran.

Tumpuan *fixed support* digunakan dalam pengujian benda atau material untuk menguncinya. *Fixed support* digunakan karena dalam *software finite element* sebagai tumpuan mati (Badriyah, 2016).

b. *Displacement*

Displacement dalam *software finite element* adalah tumpuan *roll* yang fungsinya menahan benda hanya ke suatu arah yang di tentukan tetapi dapat bergerak ke arah yang di tentukan. Tumpuan *displacement* biasanya di gunakan untuk jenis tumpuan dengan perpindahan.

c. Sendi

Sendi adalah tumpuan yang mengunci pergerakan hamper sama dengan jepit, hanya saja tumpuan sendi memberikan keleluasaan geometri untuk berdeformasi. Dalam *software finite element method* sendi di simulasikan menjadi *fixed support*, hanya saja untuk sendi mengambil bagian sudut pada bagian geometri yang akan di pasang tumpuan jepit.

d. *Free body*

Dalam simulasi *finite element method free body* adalah bagian geometri yang tidak menggunakan tumpuan apapun dan dapat bergerak bebas ke arah sumbu X, Y dan Z.

2.4.1.3 Material

Dalam *software finite element method* material sangat berpengaruh terhadap ketahanan suatu benda yang akan di uji atau dikenai gaya. Komposisi material menentukan daya dukung benda tersebut terhadap gaya yang bekerja. Pada material beton ada beberapa komposisi material yang mempengaruhi kekuatan beton tersebut yaitu *density, isometric elasticity dan compressive ultimate strength*.

a. *Density*

Density adalah rapatan atau pengukuran massa setiap satuan volume benda yang bersifat tetap. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. *Density* juga berpengaruh terhadap kekuatan suatu benda.

b. *Isometric elasticity*

Data *Isometric elasticity* adalah data yang berpengaruh terhadap tegangan dan regangan. Dalam data ini terdapat dua bagian data yang harus di lengkapi yaitu *young modulus* dan *poisson rasio*. Nilai *young modulus* di ambil dari pers. 2.1 di bawah ini :

$$4700\sqrt{f_c} \text{ Mpa} \quad (2.1)$$

sedangkan nilai *poisson rasio default* yaitu sebesar 0,2 Mpa.

Menurut Utomo & Anggraini, (2019) menggunakan *isometric elasticity* adalah untuk mendapatkan nilai dari data yang diketahui yang ada dalam analisis ini yaitu *young modulus* dan *poisson rasio*.

c. *Compressive ultimate strength*

Compressive ultimate strength dalam *software finite element* ini juga mempengaruhi daya dukung material. Data ini diambil dari kuat tekan suatu material yang di selanjutnya diinput ke *software finite element* untuk melengkapi engineering data dari material tersebut. Kuat tekan dapat diukur dengan memasukkannya ke dalam kurva tegangan-regangan dari data yang di dapatkan dari mesin uji. Suatu material yang mengalami deformasi tertentu dan tidak dapat kembali ke bentuk semula dianggap sebagai batas kekuatan tekan.

d. *Stress*

Stress adalah besaran yang menunjukkan gaya internal antar partikel dari suatu bahan terhadap partikel lain. *Stress* terjadi apabila suatu benda atau partikel menahan beban yang bekerja kemudian setiap benda atau partikel tersebut mendorong benda atau partikel yang lain.

e. *Strain*

Strain atau regangan adalah perubahan relatif ukuran atau bentuk suatu benda yang mengalami tegangan. Regangan dapat didefinisikan sebagai perbandingan antar penambahan panjang benda terhadap panjang mula-mula. Lokasi regangan/*strain* biasanya terjadi pada bagian yang mengalami *stress*. Besar regangan/*strain* pada suatu benda biasanya berbanding lurus dengan gaya yang bekerja. Akibat gabungan dari *micro strain* akan menjadi deformasi atau perpindahan yang mempunyai nilai jarak atau delta L. *Strain* atau regangan juga dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan pada sebuah benda.

f. *Fracture*

Fracture adalah kegagalan dari sebuah fungsi alat atau benda. *Fracture* bias saja terjadi pada dinding yang dikenai beban di luar dari kapasitasnya atau bias juga bahan atau material tersebut yang tidak cocok di jadikan sebagai dinding.

Penelitian terhadap kegagalan dilakukan untuk mengetahui hal apa saja yang akan menyebabkan kegagalan tersebut. Untuk mengetahui *fracture* dari sebuah inovasi maka dilakukan pengujian yang bersifat merusak benda tersebut, tujuannya adalah agar mendapatkan data-data atau informasi yang menyebabkan *fracture* tersebut.

2.4.2 Model Simulasi Kegagalan

2.4.2.1 Mekanisme kegagalan hasil pengujian

Dalam pengujian simulasi menggunakan *software finite element* ada beberapa hasil atau *solution* yang di dapatkan. Dalam *solution* itu ada beberapa tinjauan yaitu deformasi, *stress* dan *strain*.

a. Deformasi

Deformasi adalah transformasi sebuah benda dari kondisi semula ke kondisi terkini. Suatu benda yang di pengaruhi oleh gaya jika benda tersebut tidak dapat mempertahankan posisinya maka akan bertransformasi. Besarnya deformasi bergantung pada tumpuan dan kekuatan material benda tersebut.

b. *Stress*

Stress adalah besaran yang menunjukkan gaya internal antar partikel dari suatu bahan terhadap gaya yang mempengaruhinya.

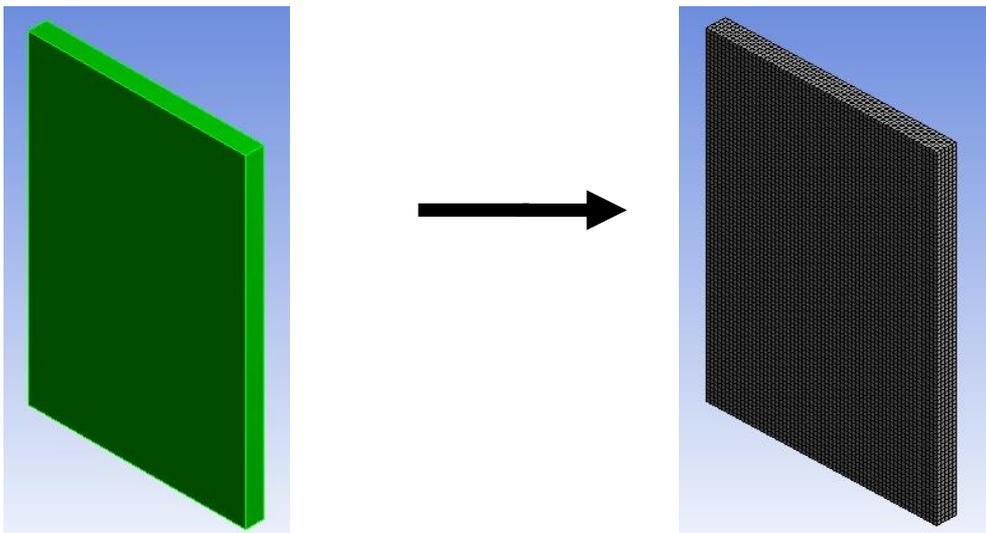
c. *Strain*

Strain/regangan merupakan perubahan *relative* ukuran atau bentuk suatu benda yang mengalami tegangan. Regangan dapat didefinisikan sebagai perbandingan antar pertambahan panjang benda terhadap panjang benda mula-mula.

2.4.2.2 Pembangunan model simulasi

Software finite element bekerja dengan sistem metode elemen hingga dengan memecah satu rangkaian kesatuan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan dihubungkan dengan node.

Pemecahan model pada *setting analisis* dilakukan dengan *meshing* dan dengan menggunakan complete model. Pengaruh *mesh* pada *finite element analisis* adalah sebagai batas dari kegagalan material maka semakin kecil kita melakukan *meshing* maka semakin detail pula titik keruntuhan yang diberikan oleh simulasi numerik. Objek yang awalnya hanya menjadi satu geometri setelah dilakukan *meshing* akan terbagi menjadi beberapa *element*. Gambar 2.1 merupakan suatu penyelesaian dengan memecah bagian bagian objek.



Gambar 2.7: Pemecahan elemen objek.

Pada pengujiannya dinding diberikan tumpuan *fixed support* untuk menahan pengaruh dari beban yang bekerja pada dinding tersebut. Sedangkan beban yang ditinjau pada pengujian ini adalah beban aksial dan lateral. Dinding yang di tumpu *fixed support* akan dipengaruhi oleh gaya yang bekerja pada arah sumbu Y dan Z atau gaya aksial dan lateral.

Hasil yang diperoleh dari *software finite element* ini berupa pendekatan dengan menggunakan analisa numerik. Ketelitiannya sangat bergantung pada cara kita memecah model tersebut dan menggabungkannya. Secara umum, suatu solusi elemen hingga dapat dipecahkan dengan mengikuti 3 tahap ini. Ini merupakan panduan umum yang dapat digunakan untuk menghitung analisis elemen hingga (Damastu, 2016).

1. *Preprocessing*

Langkah-langkah dalam *preprocessing* yaitu:

- Mendefinisikan titik point, garis, luas, volume
- Mendefinisikan jenis elemen elemen geometri
- Menentukan penggunaan material
- Menghubungkan garis, luas, volume sesuai kebutuhan.

2. Solusi

Menetapkan beban, perletakan dan menjalankan analisis beban yang ada berupa beban terpusat dan terbagi rata, perletakan (translasi dan rotasi) dan terakhir menjalankan analisisnya.

3. Postprocessing

Postprocessing proses lebih lanjut dan menampilkan hasil analisisnya, dalam hal ini dapat ditampilkan :

- Tabel perpindahan nodal
- Tabel gaya dan momen
- Deformasi
- Strain
- Sress
- Diagram kontur

Beberapa tambahan strategi dan proses simulasi uji beban hingga runtuh dengan simulasi dengan menggunakan *software finite element analisis* pada penelitian ini diberikan sebagai berikut :

1. Parameter yang bersifat engineering judgement untuk menentukan material failure envelopes atau batas keruntuhan suatu material dalam kondisi tegangan multiaksial, termasuk keruntuhan tarik (*tensile*) atau tekan (*crushing*), berdasarkan data uni aksial. (Corneils, 2007).

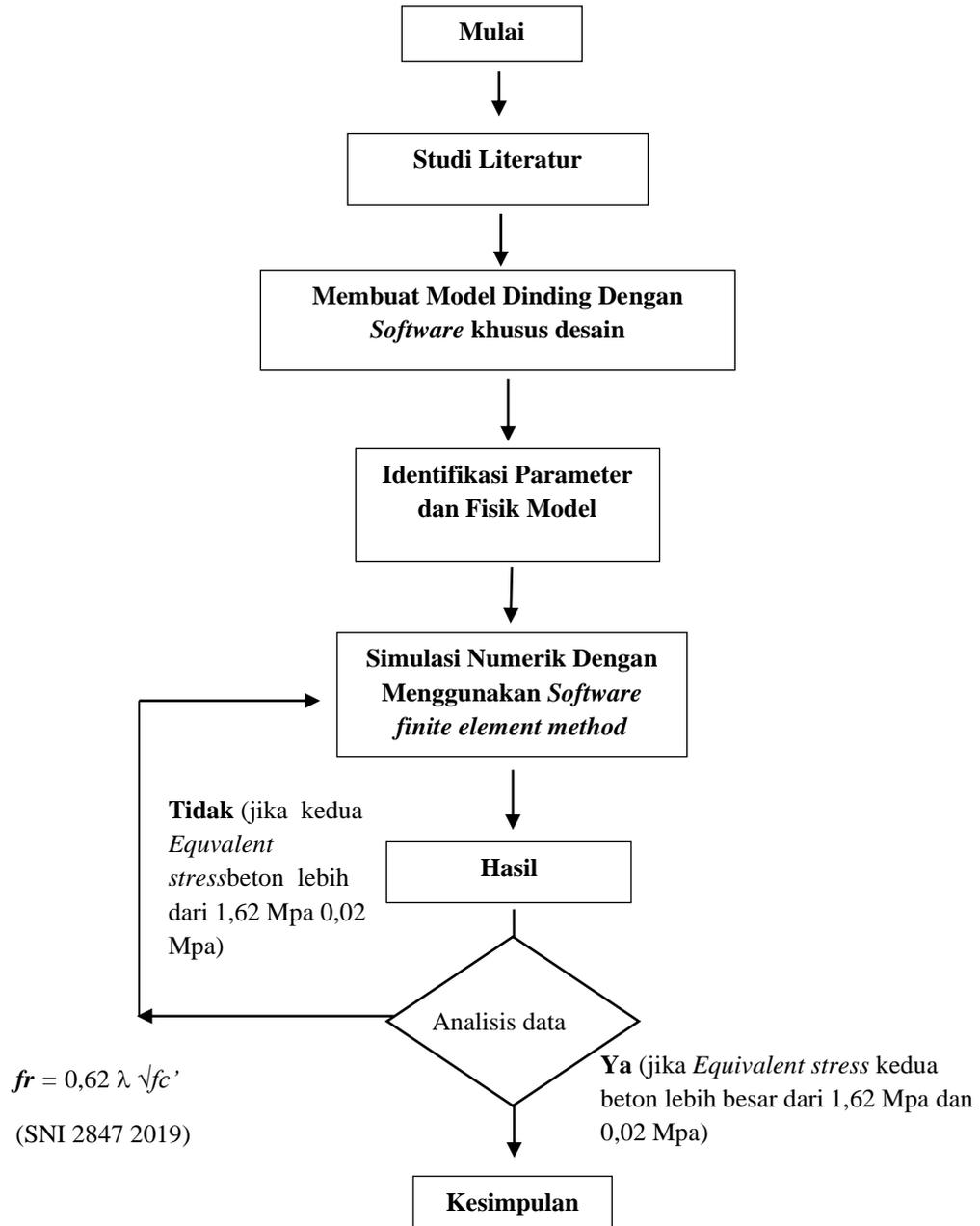
2. Proses simulasi keruntuhan model struktur beton yang dibebani sampai runtuh akan menemukan hal-hal sulit bila masuk pada bagian yang bersifat non-linear khususnya akibat terjadinya retak dan crushing pada beton (Corneils, 2007).
3. Pada penelitian ini menggunakan control time function dan control time step.

Cara ini telah ditunjukkan telah berhasil bekerja dengan baik saat mensimulasi keruntuhan lentur Dewobroto 2005 (Corneils, 2007).

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram alir penelitian

Diagram alir proses pada penelitian simulasi dinding dengan menggunakan Software ansys dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian.

3.1.1 Studi literatur

Sebelum melakukan simulasi numerik dengan *software finite element method* terlebih dahulu mencari referensi dari beberapa sumber yang membahas tentang beton ringan, beton ringan ramah lingkungan, inovasi material beton ringan yang mudah di dapatkan, dinding panel, pengaruh beban aksial dan lateral terhadap dinding, dan simulasi dengan menggunakan *software finite element method*.

3.1.1.1 Referensi tentang penelitian beton ringan

Pada penelitian ini penulis mengutip jurnal hasil penelitian beton ringan dari (Enda et al., 2016) dan (Puro, 2014). Adapun hasil dari penelitian Enda dkk (2016) tentang beton ringan dengan material *Styrofoam* dengan lapisan *coating*. Beton hasil penelitiannya dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Beton ringan hasil penelitian dari (Enda et al., 2016).

Hasil dari penelitian Sarjono Puro, (2014) dengan menggunakan material abu sekam padi dan *fly ash* mendapat kuat tekan maksimum di umur 28 hari yaitu sebesar 238,83 kg/cm².

3.1.1.2 Membuat model dinding dengan software khusus desain

Mendesain model dinding panel dengan menggunakan *software* khusus desain tiga dimensi (3D). Model di buat dengan ukuran panjang : 120 cm, lebar : 10 cm dan tinggi : 180 cm berdasarkan refensi dari jurnal penelititan dinding.

Setelah dinding dibuat lalu desain geometri di *export* menjadi format *ACIS* agar bias di masukan ke dalam *software finite element method*.

3.1.1.3 Identifikasi parameter dan fisik model

Pada tahap ini model yang di *import* dari *software* khusus desain di cek kembali dimensinya agar sesuai dengan rencana yang akan dilakukan simulasi. Setelah model dinyatakan sesuai kemudian pilih material yang telah di *input* pada *Engineering data* pada *software finite element method*. Kemudian melakukan *meshing* untuk memecahkan *element object*.

3.1.2 Simulasi numerik dengan *software finite element method*

Setelah model telah dilakukan *meshing* kemudian masukan beberapa *setting analysis*. Pada geometri dinding yang akan di pasang tumpuan maka di masukan *fixed support* pada sisi yang di simulasikan menggunakan tumpuan jepit. Untuk memasukan beban aksial pada geometri beban yang di pilih adalah *force* dan di masukan pada bagian atas geometri seluas sisi geometri. Beban ini digunakan untuk mensimulasikan pembebanan aksial yang ada pada dinding yang biasanya berasal dari struktur atas bagian dinding. Begitu juga dengan beban lateral, beban yang digunakan adalah *force* untuk mensimulasikan beban lateral yang berasal dari beban angin ataupun beban gempa.

Setelah *setting analysis* selesai dilakukan kemudian masukan solusi yang ingin di dapatkan yaitu deformasi, *stress* dan *strain*. Hasil dari *solve* akan di munculkan oleh animasi geometri untuk kemudian di lihat seberapa besar yang dapat di lihat pada diagram kontur.

3.1.3 Hasil

Setelah selesai melakukan *running/solve* maka *software finite element method* akan menampilkan animasi geometri pada *solution*. Hasil tersebut kemudian di cek kesesuaiannya pada tabel yang ada pada tubular data. Setiap pembebanan dan solusi di cek ulang ketepatannya dan kemudian melakukan analisa data. Setelah *runig* selesai maka *software finite element method* akan mengeluarkan data-data dan grafik dari hasil proses pengujian tersebut. Data-data hasil tersebut merupakan hasil perhitungan yang deprogram oleh *software* tersebut.

3.1.4 Analisa data

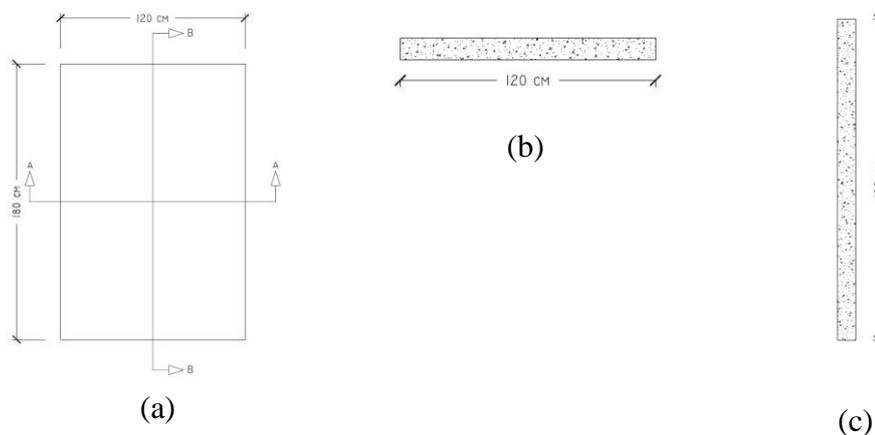
Data yang di peroleh dari *software finite element* kemudian di paparkan pada BAB 4. Data-data ini di sajikan dalam bentuk animasi model, diagram kontur, tabel dan grafik. Data-data yang dipaparkan meliputi hasil –hasil dari simulasi lalu kemudian dibandingkan antara kedua hasil simulasi tersebut.

3.1.5 Kesimpulan

Setelah data-data di dapatkan maka dapat di ketahui seberapa besar pengaruh gaya aksial dan lateral terhadap dinding tersebut. Pada kedua material dinding beton ringan juga dapat di ketahui material yang lebih mendukung dalam mengatasi akibat dari beban aksial dan lateral.

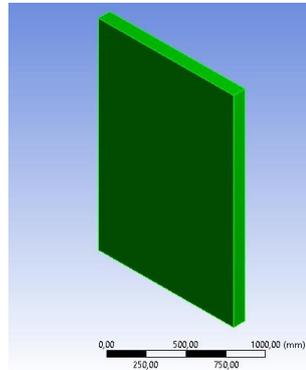
3.2 Mendesain model dinding panel

Pembuatan model dinding panel dengan cara menggambar tiga dimensi (3D) menggunakan *software* khusus desain secara terpisah. Model dinding panel polos tanpa menggunakan tulangan dan hanya menggunakan satu material homogen. Pemodelan dinding adalah dinding struktural dengan dimensi 120mm x 180mm x 100 mm. Hasil gambar 3D di *explor* ke dalam *software finite elemnt analysis* dengan format ACIS. Kemudian pada *software finite element* di *import* gambar yang telah di *export* dari *software* khusus desain sebelumnya. Pada Gambar 3.3 (a-c) dapat dilihat gambar 2D dari dinding panel yang akan di uji.



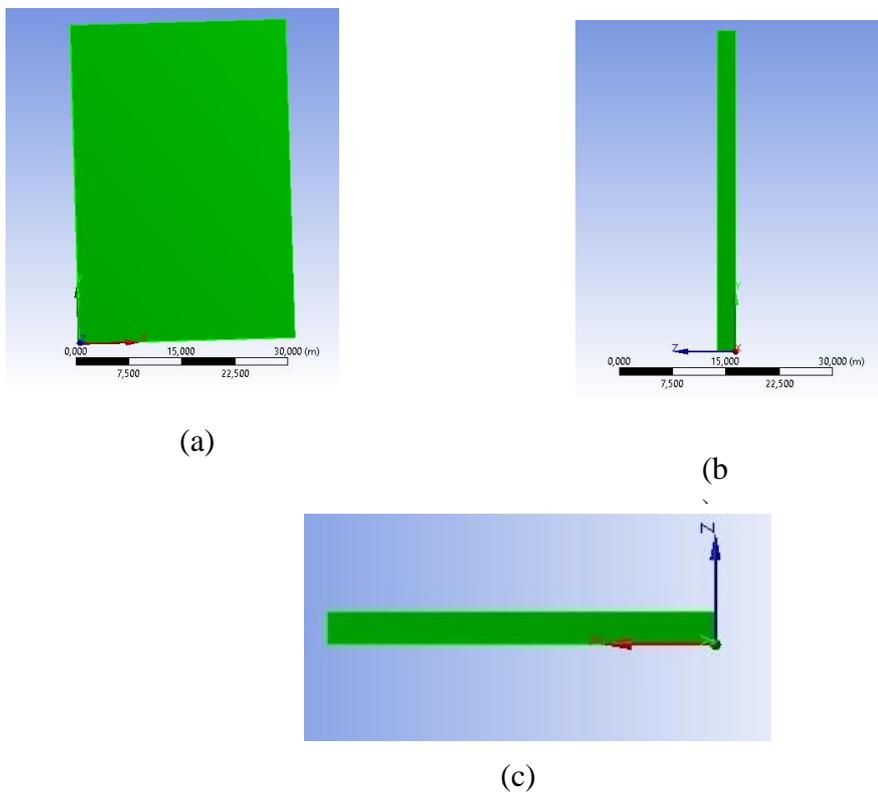
Gambar 3.3: Gambar 2D dinding panel (a) Tampak depan (b) Potongan A-A (c) Potongan B-B.

Setelah gambar tiga dimensi selesai selanjutnya di *import* ke *software finite element method*. Untuk gambar 3D dengan menggunakan *software finite element method* dapat di lihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4: Gambar 3D pada geometri 3D desain.

Untuk gambar tampak pada geometri 3D dapat dilihat pada Gambar 3.5 (a-c)



Gambar 3.5: Bentuk 3D dinding (a) tampak depan (b) tampak samping (c) tampak atas.

3.3 Material yang Digunakan

Ada dua jenis material yang digunakan dalam penelitian ini. Kedua material yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah *styrofoam* dengan lapisan *coating* dan abu sekam padi dengan *fly ash*. Kemudian untuk data yang diinput ke *software finite element method* diambil hasil substitusi yang paling optimal. Data material yang digunakan untuk *engineering data* dalam *software simulasi* ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Data material dalam *software* simulasi.

No.	Nama material	Density	Modulus Young	Poisson rasio	Compressive Ultimate Strength
1.	Beton ringan dengan material <i>styrofoam</i> yang dilapisi dengan <i>coating</i>	1658,86	17970,97 Mpa	0,20 Mpa	14,62 Mpa
2.	Beton ringan dengan abu sekam dan <i>fly ash</i>	1880,19 kg/m ³	205,35 Mpa	0,20 Mpa	0,0023 Mpa

3.3 Parameter Desain

Desain yang telah ditentukan harus memenuhi beberapa parameter, tujuannya adalah agar mendapatkan hasil yang akurat. Yang pertama adalah tempat dimana posisi beban, kemudian apa saja yang akan ditinjau dari desain dinding tersebut. Selain itu *indicator* dan *instrument* dari *software* tersebut juga harus diperhatikan.

Pada penelitian ini yang mempengaruhi parameter desain untuk pada dinding secara simulasi parameter yang terlibat dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Parameter desain dinding.

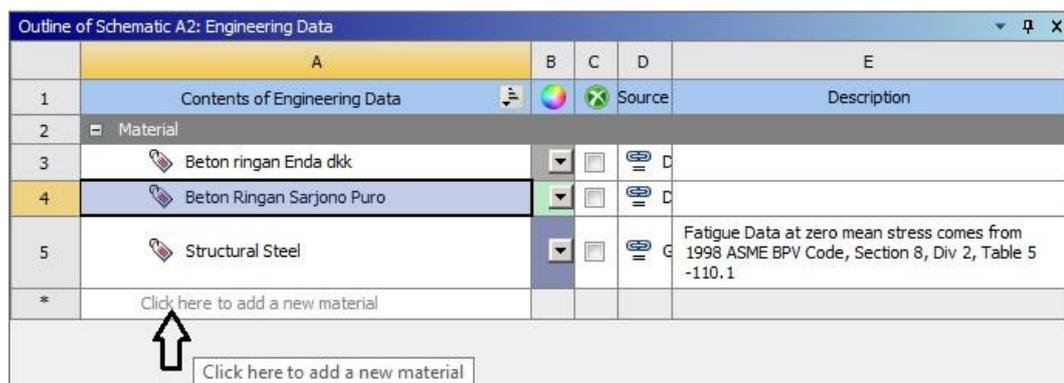
Variabel fisik	Variabel Mekanik	Indikator	Deskriptor	Instrumen
Umur Beton Ringan	1. Gaya aksial	1. Retak	Tegangan simulasi <i>finite element</i>	<i>Software finite element</i>
	2. Gaya lateral	2. Tidak Retak		

3.4 Simulasi Statik Struktural

3.4.1 Engineering Data

Pada penelitian ini digunakan material baru yaitu *foam concrete* yang datanya belum terdaftar pada *software finite element method* sehingga kita perlu memasukan data materialnya ke *engineering data*.

Double click pada *engineering data*, kemudian menu *engineering data* akan tertampil, pada “*outline of schematic B2; engineering data*” terdapat kotak bertuliskan “*click here to add a new material*”, klik pada kotak lalu dimasukkan nama data material baru yang ingin kita simulasikan, disini penulis memasukan nama material baru “*beton ringan Enda dkk dan beton ringan Sarjono Puro*”. Pada Gambar 3.6 dapat dilihat cara membuat material baru pada *software finite element*.



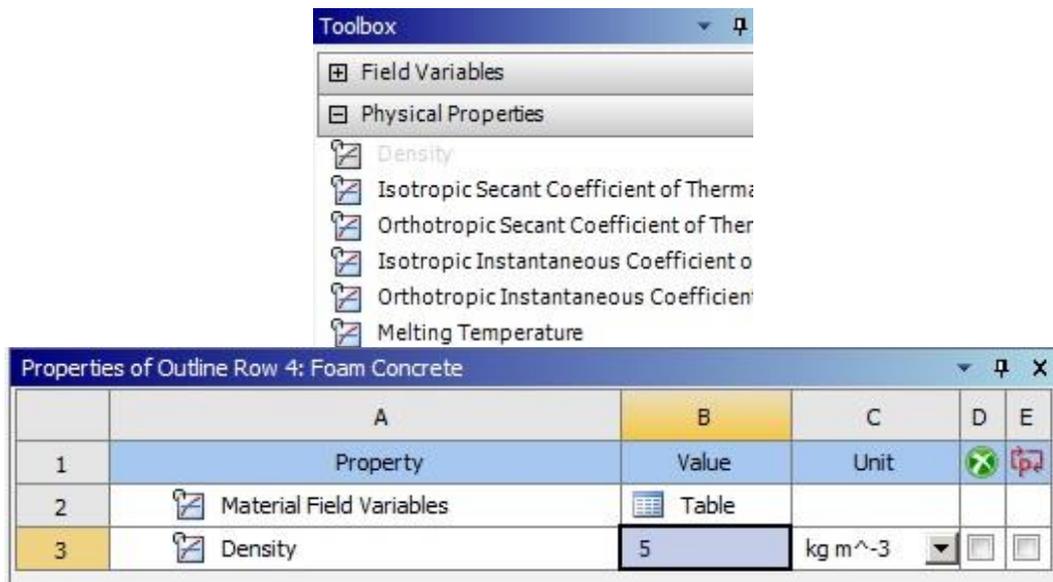
Gambar 3.6: Cara membuat material baru pada *software finite element method*.

Setelah membuat material baru maka ada beberapa data yang harus kita lengkapi. Pertama kita klik material yang sudah kita buat lalu masukan data-data untuk melengkapi material tersebut.

Pada *software finite element method* untuk membuat material baru kita perlu memasukan data-data dai material tersebut agar *software* dapat menghitung kemampuan atau daya dukung dari geometri yang kita buat. Data-data inilah yang nantinya akan menjadi dasar perhitungan oleh *software finite element method* dalam menjalankan *running/solve* dan kemudian menyajikan data-data hasil dari pengujian. Sedangkan pada material beton maka data yang harus di lengkapi

dalam *input material* pada *engineering data* adalah *density*, *isotropic elasticity*, dan *compressive ultimate strength*.

Untuk melengkapi data tersebut dapat kita mulai dengan cara klik pada *toolbox* klik *physical Properties* → *Density* lalu masukan nilai densitas pada “*tabel of properties row 4: Density*” yang muncul di sebelah kanan tentukan satuannya dibawah kolom C diperlihatkan pada Gambar 3.3 (a). Cara untuk melengkapi data-data tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.7 (a-d)

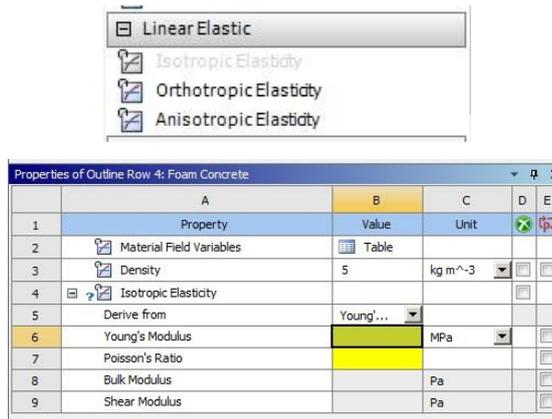


(a)

Gambar 3.7: Melengkapi data-data untuk material baru (a) *Density* (b) *Young,s Modulus dan Poisson’s Ratio* (c) *Compressive Ultimate*.

Density adalah massa jenis atau rapatan dari sebuah material atau cairan yang mempunyai fungsi untuk menentukan massa setiap volumenya. *Density* berpengaruh pada kekuatan sebuah material karena *density* merupakan rapatan yang mengisi sebuah material dalam suatu volume tertentu. Sebuah beton tentu saja memiliki *density* maka dalam *input new material* pada *software finite element method* harus dilengkapi dengan data *density* tersebut.

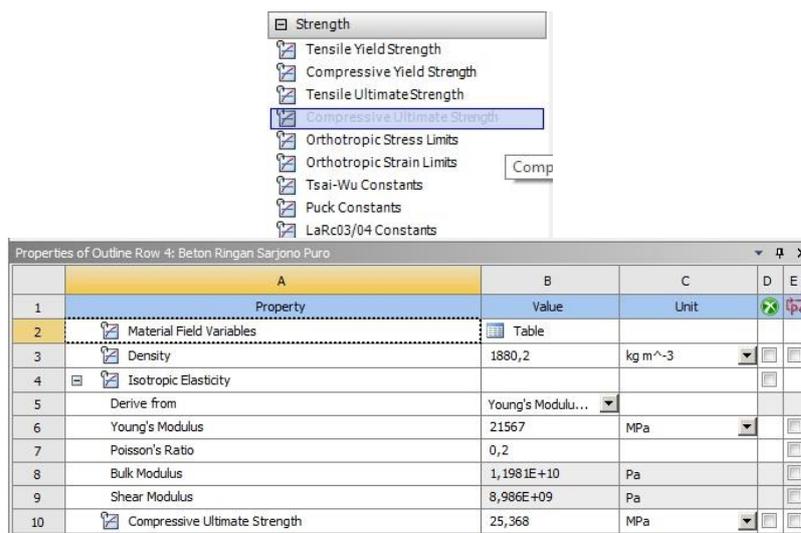
Setelah melengkapi data *density* lalu kita memasukan data *isotropic elasticity* pada *linear Elastic* yang ada pada bagian kiri atas. Seperti diperlihatkan pada Gambar 3.7 bagian (b).



(b)

Gambar 3.7: (lanjutan)

Pada *Isotropic elasticity* data yang perlu kita lengkapi adalah *Young's Modulus* dan *Poisson's Ratio* dengan satuan Mpa. Fungsi dari data *isotropic elasticity* adalah untuk menentukan tegangan dan regangan dari material tersebut. Sebuah beton pasti memiliki data *isotropic elasticity* yaitu *young's modulus* dan *poisson's ratio*. Setelah itu kita juga harus memasukan data *compressive ultimate strength*. Data ini di ambil dari kuat tekan beton dari hasil uji di laboratorium. Data ini berfungsi untuk menentukan kekuatan material beton yang di masukan ke dalam *software finite elemt method*. Untuk memasukan data *compressive ultimate strength* pada bagian *Strength* di pojok atas kiri seperti diperlihatkan pada Gambar 3.7 bagian (c).

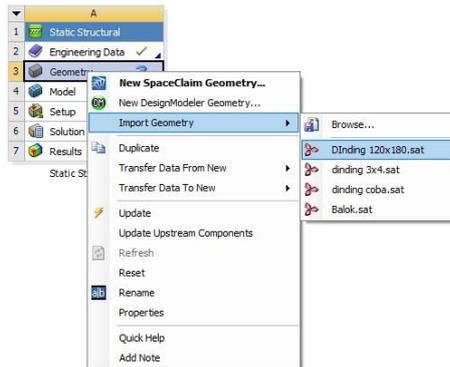


(c)

Gambar 3.7: (lanjutan).

3.4.2 Import Geometri

Geometri adalah bagian untuk membuat desain pada *software finite element method*. Pada penelitian ini penulis menggunakan desain yang di import dari *software* khusus desain. Caranya yaitu dengan klik kanan pada *Geometri* lalu pilih *Import* seperti di perlihatkan pada Gambar 3.8.

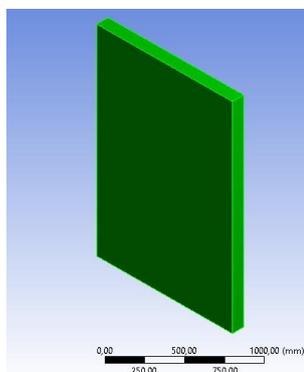


Gambar 3.8: Mengimport gambar dari *software* desain ke *software finite element method*.

Setelah geometri benar benar sudah di *import* ke ansys dengan benar baru kita bias melanjutkan langkah berikutnya.

3.4.3 Model

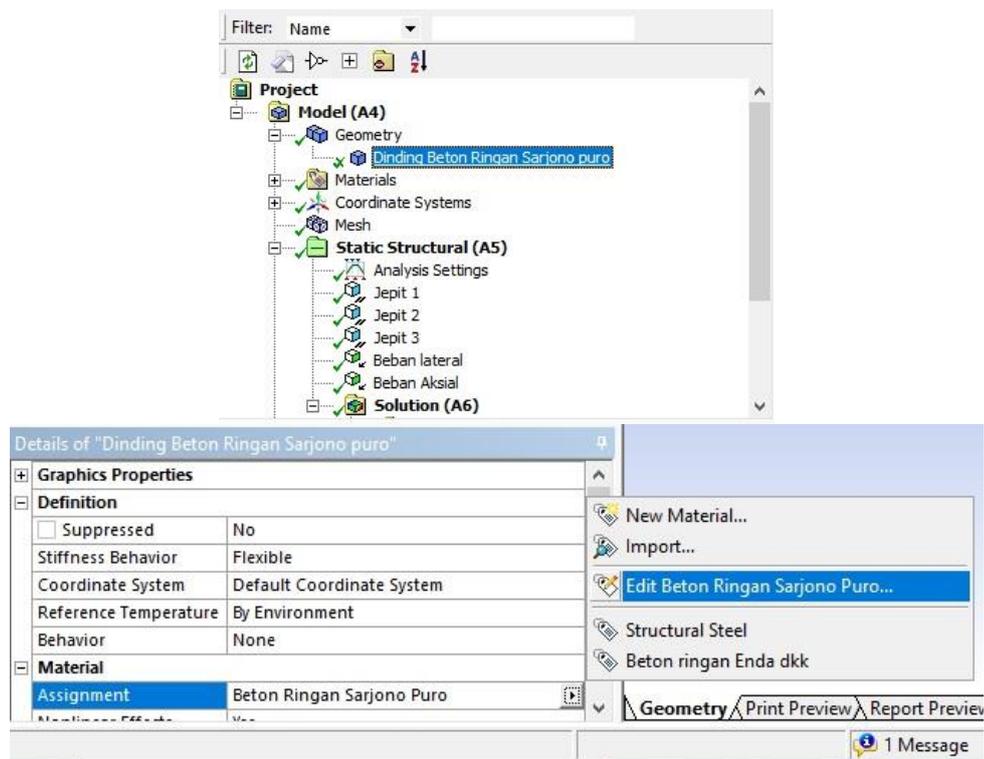
Pada Ansys model adalah bentuk gambar 3D juga untuk melanjutkan perintah kerja. *Double* klik pada bagian Model di *Static struktural* maka jendela bagian model akan muncul. Seperti diperlihatkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9: Bentuk 3D dari desain pada model.

3.4.3.1 Material

Pada bagian ini kita harus memilih material apa yang akan kita gunakan pada model gambar yang telah kita buat. Pada penelitian ini penulis menggunakan material yang telah dibuat yaitu “beton ringan Enda dkk dan beton ringan Sarjono Puro”. Caranya yaitu klik pada bagian part geometrinya lalu klik nama materialnya pada bagian materials seperti diperlihatkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10: Memilih material yang akan digunakan.

3.4.3.2 Mesh

Messhing merupakan proses simulasi yang cara kerjanya membagi elemen-elemen menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. *Messhing* juga mempengaruhi keakuratan simulasi dan kecepatan saat melakukan *running/solve* Pada saat analisis. Semakin kecil *element size messh* yang di buat maka semakin baik juga akurasi dalam melakukan *running/solve* analisis. Tetapi semakin kecil *element size mesh* yang di buat maka perangkat akan lebih bekerja keras untuk menyelesaikannya dan bahkan di butuhkan perangkat khusus untuk mengerjakan

meshing sedetail ini. Dalam simulasi dinding ini menggunakan *elemnt size mesh* sebesar 20 mm karena diasumsikan lebih akurat dibandingkan dengan *element size mesh* yang lebih besar.

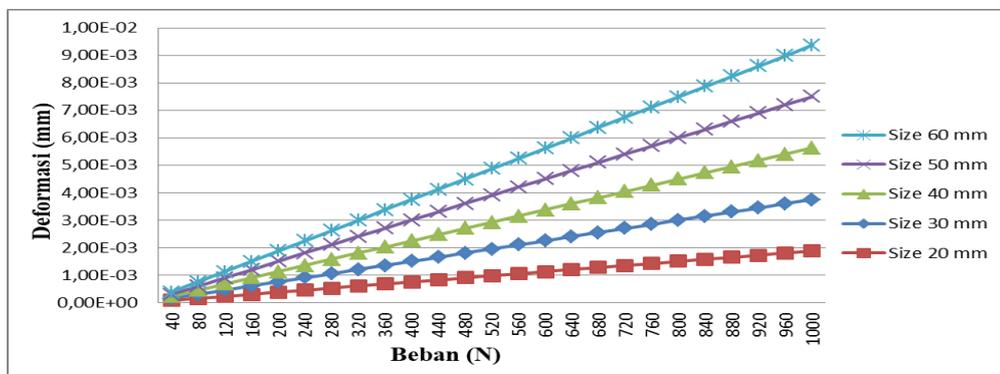
Akurasi *element size mesh* dapat di buktikan dengan cara melakukan percobaan *meshing* dengan beberapa ukuran *element size mesh*. Pada penelitian ini percobaan dilakukan dengan ukuran *element size mesh* sebesar 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, dan 60 mm. Akurasi *element size mesh* dapat di lihat pada data hasil percobaan yang di sajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Data hasil percobaan element size mesh.

Time [s]	Force [N]	Deformasi maksimum (mm)				
		Size 20 mm	Size 30 mm	Size 40 mm	Size 50 mm	Size 60 mm
0,2	40	7,50E-05	7,50E-05	7,49E-05	7,48E-05	7,48E-05
0,4	80	1,50E-04	1,50E-04	1,50E-04	1,50E-04	1,50E-04
0,6	120	2,25E-04	2,25E-04	2,25E-04	2,24E-04	2,24E-04
0,8	160	3,00E-04	3,00E-04	3,00E-04	2,99E-04	2,99E-04
1	200	3,75E-04	3,75E-04	3,75E-04	3,74E-04	3,74E-04
1,2	240	4,50E-04	4,50E-04	4,50E-04	4,49E-04	4,49E-04
1,4	280	5,25E-04	5,25E-04	5,25E-04	5,24E-04	5,23E-04
1,6	320	6,00E-04	6,00E-04	5,99E-04	5,98E-04	5,98E-04
1,8	360	6,75E-04	6,75E-04	6,74E-04	6,73E-04	6,73E-04
2	400	7,50E-04	7,50E-04	7,49E-04	7,48E-04	7,48E-04
2,2	440	8,25E-04	8,25E-04	8,24E-04	8,23E-04	8,23E-04
2,4	480	9,00E-04	9,00E-04	8,99E-04	8,98E-04	8,97E-04
2,6	520	9,75E-04	9,75E-04	9,74E-04	9,73E-04	9,72E-04
2,8	560	1,05E-03	1,05E-03	1,05E-03	1,05E-03	1,05E-03
3	600	1,13E-03	1,12E-03	1,12E-03	1,12E-03	1,12E-03
3,2	640	1,20E-03	1,20E-03	1,20E-03	1,20E-03	1,20E-03
3,4	680	1,28E-03	1,27E-03	1,27E-03	1,27E-03	1,27E-03
3,6	720	1,35E-03	1,35E-03	1,35E-03	1,35E-03	1,35E-03
3,8	760	1,43E-03	1,42E-03	1,42E-03	1,42E-03	1,42E-03
4	800	1,50E-03	1,50E-03	1,50E-03	1,50E-03	1,50E-03
4,2	840	1,58E-03	1,57E-03	1,57E-03	1,57E-03	1,57E-03
4,4	880	1,65E-03	1,65E-03	1,65E-03	1,65E-03	1,65E-03
4,6	920	1,73E-03	1,72E-03	1,72E-03	1,72E-03	1,72E-03
4,8	960	1,80E-03	1,80E-03	1,80E-03	1,80E-03	1,79E-03
5	1000	1,88E-03	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03	1,87E-03

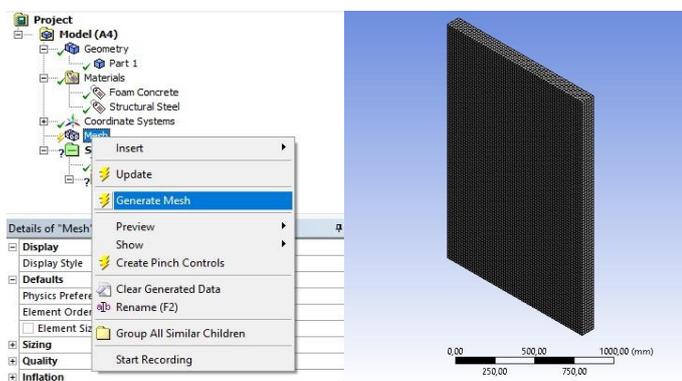
Jika dilihat pada tabel di atas selisih antara *element size mesh* 20 mm dan *element size mesh* 30 mm tidak ada perbedaan besarnya deformasi. Sedangkan pada *element size mesh* 30 mm dan 40 mm terdapat perbedaan sebesar 0,01. Begitu juga seterusnya pada *element size mesh* yang lebih besar. Dapat disimpulkan bahwa semakin *element size mesh* sebesar 20 mm lebih akurat di bandingkan dengan *element size mesh* lainnya yang lebih besar.

Dari data hasil percobaan akurasi *element size mesh* pada tabel di atas maka dapat dilihat hubungan kedekatan antara masing-masing *size mesh* pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11: Grafik hubungan antara time step dan deformasi

Pada bagian mesh akan di ketahui seberapa baik dan rapi nya geometri atau model yang telah kita kerjakan, jika tidak, maka akan ada tanda warning hingga diminta untuk memodelkan ulang. Cara mengerjakannya adalah dengan klik kanan pada mesh lalu pilih generate mesh seperti pada Gambar 3.12.



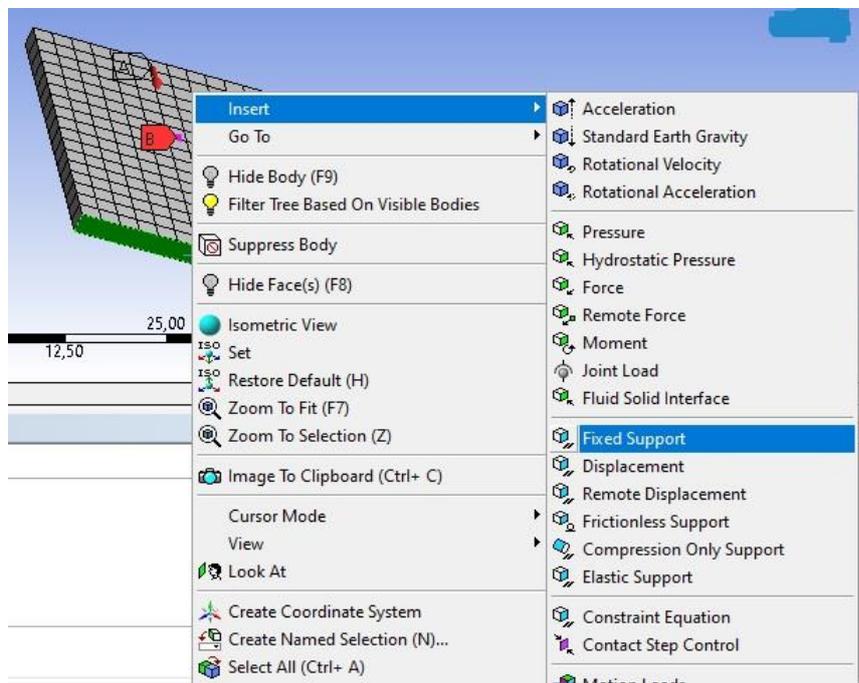
Gambar 3.12: Generate mesh.

3.4.3.3 Static Structural

Pada *static structural* perintah kerja yang kita masukan adalah memasukan bagian tumpuan dan pembebanan. Pada penelitian ini penulis mennunakan tumpuan *fixed support* dan *force* untuk gaya aksial dan lateral.

a) Fixed support

Unruk memasukan tumpuan pada model dinding yaitu dengan cara klik kanan pada bagian yang akan dipasang tumpuan lalu pilih *insert* lalu pilih *fixed support*. seperti diperlihatkan pada Gambar 3.13.

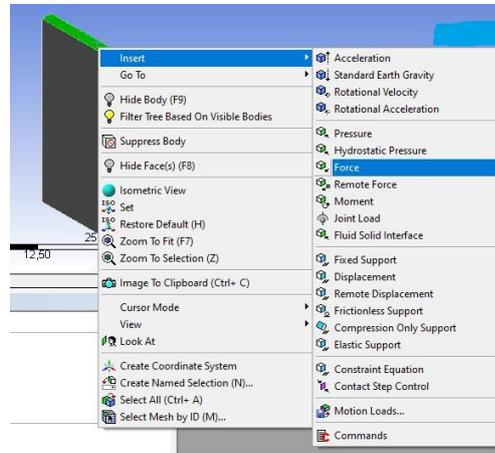


Gambar 3.13: Memasukan tumpuan pada model.

b) Gaya aksial

Seperti pada namanya yaitu gaya aksial berarti adalah gaya yang bekerja sejajar dengan arah model dinding. Cara memasukan gaya aksial yaitu dengan cara klik kanan pada bagian yang akan kita masukan gaya lalu pilih *insert* lalu pilih *force*. Pada *static struktural* pilih *analysys* untuk mengatur *time step*. Fungsi dari *time step* adalah untuk memasukan beban secara bertahap. Pada penelitian ini penulis menggunakan 5 *time step* dan kemudian diatur jaraknya setiap perdetiknya. Selanjutnya kita masukan besar beban yang akan bekerja pada

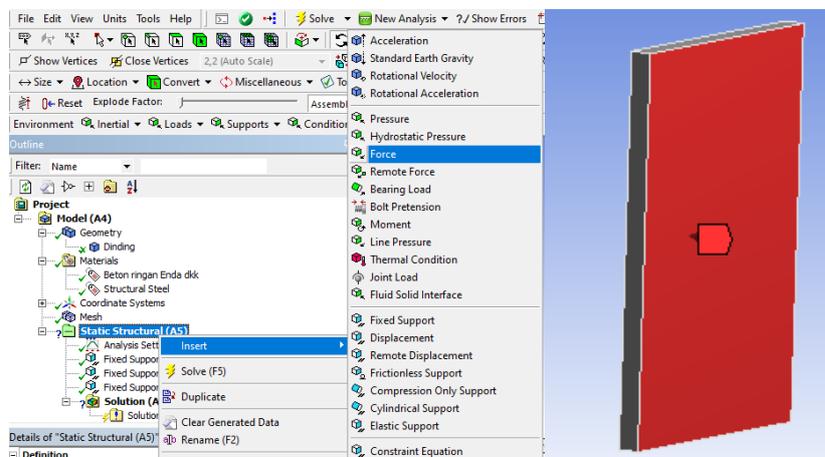
dinding tersebut melalui *force* yang ada di *setting analisis*. Seperti diperlihatkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14: Memasukan gaya aksial.

c) Gaya lateral

Gaya lateral adalah gaya yang bekerja searah horizontal dari model dinding tersebut. Beban gaya aksial yang dimasukkan adalah beban merata/beban area seluas sisi dari geometri dinding searah sumbu Z. Cara memasukkan beban tersebut yaitu dengan klik kanan pada static struktural lalu pilih *insert* lalu pilih *force*. Kemudian pilih bagaian geometri yang akan di kenai beban seperti pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15: Cara memasukkan beban lateral secara merata.

Setelah beban dilasukan tepat pada bagian geometri yang akan di kenai beban selanjutnya atur arah beban dan besar beban yang di masukan. Pengaturan beban tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.16.

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Type	Force
Define By	Vector
<input type="checkbox"/> Magnitude	1000, N (ramped)
Direction	Click to Change
Suppressed	No

Gambar 3.16: Cara mengatur arah dan besar beban.

Selanjutnya mengatur *time step* pada analisis setting untuk menentukan pembebanan dan tubular data hasil dari pengujian dapat di lihat pada Gambar 3.17.

Step Controls	
Number Of Steps	5,
Current Step Number	5,
Step End Time	5, s
Auto Time Stepping	On
Define By	Substeps
Carry Over Time Step	Off
Initial Substeps	5,
Minimum Substeps	5,
Maximum Substeps	10,

Gambar 3.17: Mengatur time step pembebanan.

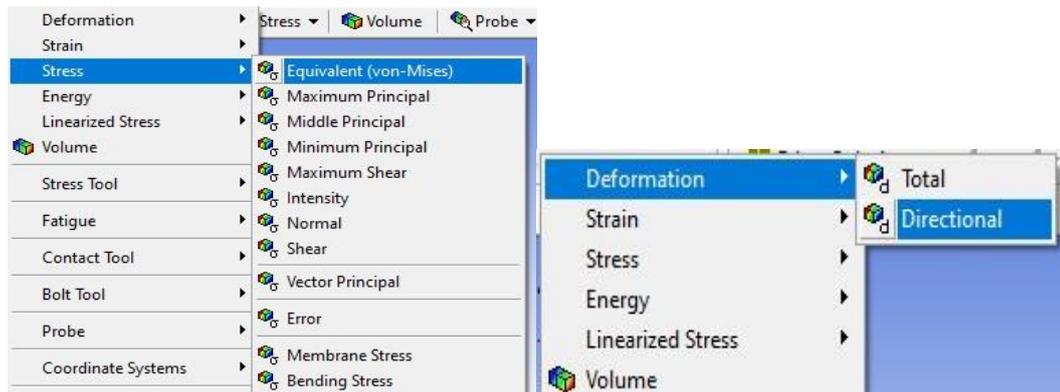
Setelah mengatur time step selanjutnya mengatur besar tahapan beban yang di berikan dapat di lihat pada Gambar 3.18.

Tabular Data			
	Steps	Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Force [N]
1	1	0,	0,
2	1	1,	200,
3	2	2,	400,
4	3	3,	600,
5	4	4,	800,
6	5	5,	1000,
*			

Gambar 3.18: Tahapan pembebanan.

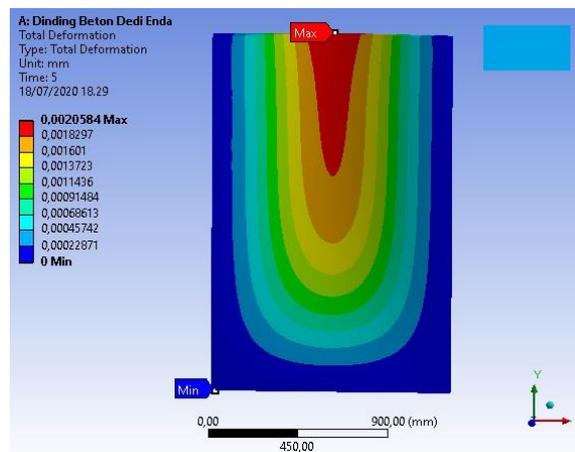
3.4.3.4 Solution

Pada penelitian ini solusi yang diambil oleh penulis adalah *ekivalen stress* dan *total deformation*. Cara memasukkannya yaitu dengan cara klik kanan pada *solution* lalu pilih *insert* dan kemudian pilih *equivalent stress* dan *total deformation*. Seperti diperlihatkan pada Gambar 3.19.

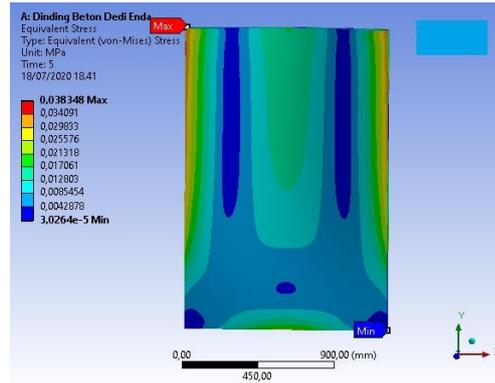


Gambar 3.19: Memasukan solusi *equivalent stress* dan *total deformation*.

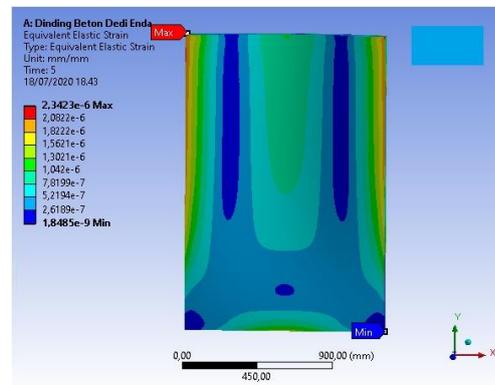
Selanjutnya klik kanan pada *solution* dan pilih *solve* dan ansys akan mulai menghitung kekuatan material dengan metode elemen hingga. Setelah selesai *solve* maka data diagram kontur dan animasi geometri pada model telah kita dapatkan seperti pada Gambar 3.20 sampai dengan 3.22.



Gambar 3.20: Hasil deformasi.



Gambar 3.21: Hasil dari *stress*.



Gambar 3.22: Hasil *strain*.

Pada gambar 3.19 sampai dengan gambar 3.21 dapat di lihat animasi geometri dan diagram kontur yang memiliki sebuah pembacaan data hasil dari pengujian. Gambar animasi geometri menunjukkan kejadian yang terjadi pada benda uji yaitu dinding baik itu deformasi, *stress* maupun *strain*. Pada animasi geometri ini kita dapat melihat kemungkinan yang mungkin akan terjadi.

Diagram kontur adalah perbedaan warna pada geometri yang terdapat pada animasi geometri. Fungsinya adalah untuk membedakan besarnya deformasi, *stress* dan *strain*. Pada bagian kiri geometri akan di tunjukan warna dan besarnya angka defomasi, *stress* dan *strain* yang terjadi.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Geometri dan Material

Pengujian dinding panel dilakukan dengan data geometri pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Data geometri dinding panel polos.

No.	Data Geometri	Besaran	Satuan
1.	Panjang X	1200	mm
2.	Panjang Y	1800	mm
3.	Panjang Z	100	mm
4.	Volume	216000000	mm ³
5.	Centroid X	600	mm
6.	Centroid Y	900	mm
7.	Centroid Z	50	mm
8.	M. Inersia X	2,592E+11	mm ⁴
9.	M. Inersia Y	5,832E+11	mm ⁴
10.	M. Inersia Z	150000000	mm ⁴
11.	Jumlah Nodal	126761	titik
12.	Jumlah Element	27000	element

Pada pengujian ini ada dua geometri dengan dimensi yang sama sedangkan data materialnya berbeda. Data material dapat di lihat pada Tabel 4.2 dan 4.3.

Table 4.2: Data material hasil pengujian beton ringan (Enda et al., 2016).

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1.	Density	1658,86	kg/m ³
2.	Young modulus	17970,971	Mpa
3.	Poisson Rasio	0,2	Mpa
4.	Compressive Ultimate Strength	14,62	Mpa

Tabel 4.3: Data material hasil pengujian beton ringan (Puro, 2014).

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1.	Density	1880,19	kg/m ³
2.	Young modulus	23672,443	Mpa
3.	Poisson Rasio	0,2	Mpa
4.	Compressive Ultimate Strength	0,0023	Mpa

Gaya yang digunakan adalah tipe pengayaan *force* dari *software finite element analisis* yang bekerja secara bertahap menggunakan *time step*. Pengayaan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Tahapan pengayaan didning berbahan beton ringan.

Step	Time (s)	Force
1	0	0
	1	200
2	2	400
3	3	600
4	4	800
5	5	1000

4.2 Hasil pengujian dinding

4.2.1 Pengujian dinding beton ringan Enda dkk

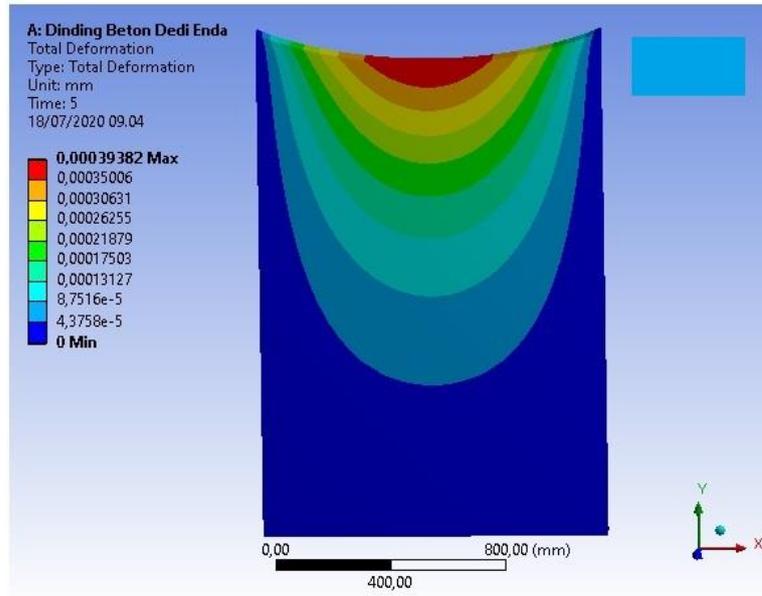
4.2.1.1 Hasil Pengujian terhadap gaya aksial

I. Deformasi

Deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial yang bekerja adalah pada bagian tengah atas dinding yang paling jauh dari tumpuan. Terjadinya deformasi di lokasi tersebut karena gaya yang bekerja adalah gaya merata dan tumpuan yang di gunakan pada dinding adalah jepit-jepit sehingga tumpuan dapat menahan gaya merata secara seimbang. Deformasi yang terjadi adalah deformasi aksial atau deformasi searah gaya tersebut bekerja. Deformasi tersebut terjadi akibat adanya mikro-stress pada dinding beton ringan Enda dkk yang di akibatkan oleh gaya aksial.

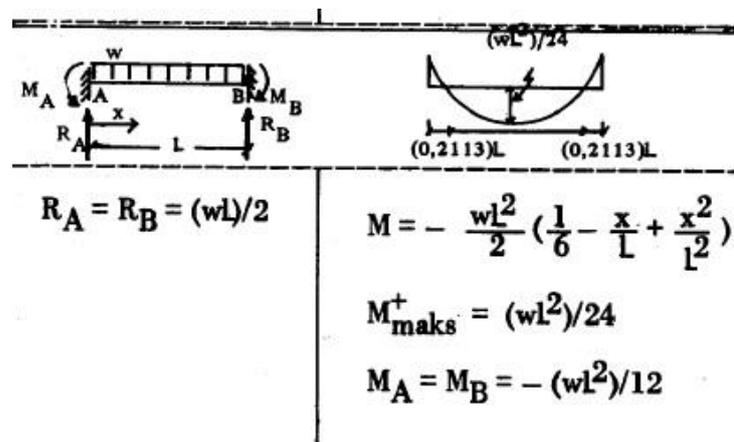
Secara sederhana dapat dituliskan konsentrasi mikro-stress yang terjadi akan menimbulkan deformasi, deformasi ini akan membangkitkan dislokasi (kerusakan tingkat mikro), dan kerusakan ini akan menyebabkan terjadinya struktur pita. Proses ini akan terus berkembang ke tingkat makro dan berakhir dengan putus atau patahnya material (Muchiar & Mahmud, 2016).

Hasil deformasi pada pengujian dinding beton ringan Enda dkk terhadap gaya aksial dapat di lihat animasi geometri dan diagram kontur yang telah di keluarkan oleh *software finite element method* pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Deformasi akibat gaya aksial dinding beton ringan Enda dkk.

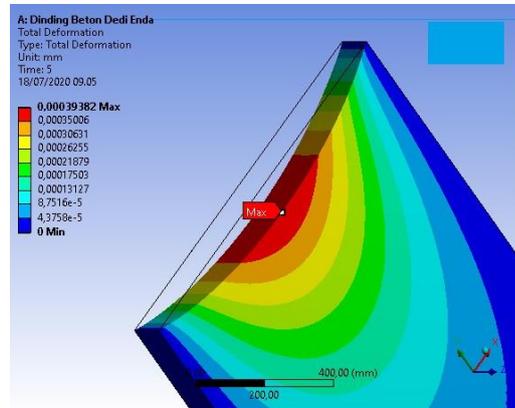
Deformasi maksimum terjadi di tengah bentang dinding yang paling jauh dari tumpuan. Hal ini terjadi karena konsep momen lentur akibat gaya merata untuk tumpuan jepit-jepit terjadi di tengah bentang. Konsep momen lentur dapat di lihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2: Konsep momen lentur (Kh, 1984).

Konsep momen lentur di atas merupakan gambaran dari deformasi sebuah benda yang di kenai oleh gaya. Maka hasil dari pengaruh gaya tersebut di antaranya adalah deformasi.

Deformasi maksimum terjadi pada bagian tengah atas dinding tersebut dapat di lihat jelas pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3: Deformasi maksimum akibat gaya aksial dinding beton ringan Enda dkk.

Besar deformasi maksimum akibat gaya aksial yang bekerja adalah sebesar 0,0039 mm pada *time step* ke 5 yaitu dengan gaya sebesar 1000 N. Besar deformasi dinding tiap *time step* dan gayanya terhadap gaya aksial dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Besar deformasi dinding beton ringan material Dedi Enda akibat gaya aksial.

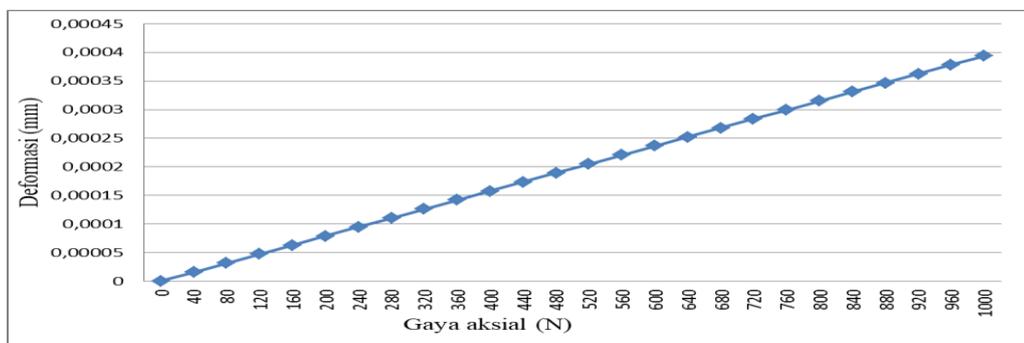
Steps	Time [s]	Force [N]	Deformation (Max) Enda dkk [mm]
1	0	0	
	0,2	40	1,58E-05
	0,4	80	3,15E-05
	0,6	120	4,73E-05
	0,8	160	6,30E-05
	1	200	7,88E-05
2	1,2	240	9,45E-05
	1,4	280	1,10E-04
	1,6	320	1,26E-04
	1,8	360	1,42E-04

Tabel 4.5: (lanjutan)

Steps	Time [s]	Force [N]	Deformation (Max) Enda dkk [mm]
2	2	400	1,58E-04
3	2,2	440	1,73E-04
	2,4	480	1,89E-04
	2,6	520	2,05E-04
	2,8	560	2,21E-04
	3	600	2,36E-04
4	3,2	640	2,52E-04
	3,4	680	2,68E-04
	3,6	720	2,84E-04
	3,8	760	2,99E-04
	4	800	3,15E-04
5	4,2	840	3,31E-04
	4,4	880	3,47E-04
	4,6	920	3,62E-04
	4,8	960	3,78E-04
	5	1000	3,94E-04

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa deformasi dan gaya aksial berbanding lurus yang artinya semakin besar gaya aksial yang bekerja maka semakin besar juga deformasi yang. Beban yang di berikan secara bertahap untuk mengetahui besarnya tahapan-tahapan deformasi yang terjadi pada dinding tersebut.

Gerafik hubungan antara gaya dan besarnya deformasi dapat dilihat pada Gambar 4.4.

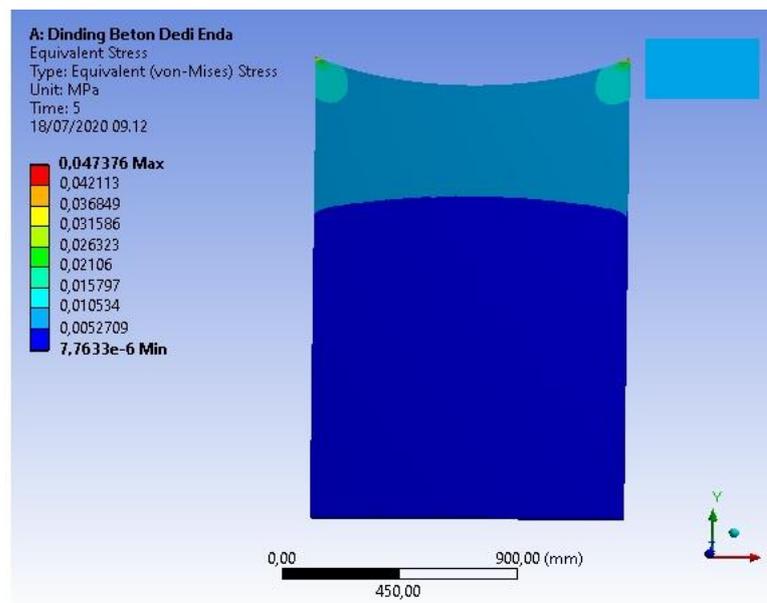


Gambar 4.4 Grafik hubungan antara gaya dan deformasi yang terjadi akibat gaya aksial.

Pada gambar 4.4 dapat kita lihat bahwa hubungan antara deformasi dan gaya berbanding lurus yang artinya semakin besar gaya yang bekerja maka semakin besar pula deformasi yang terjadi.

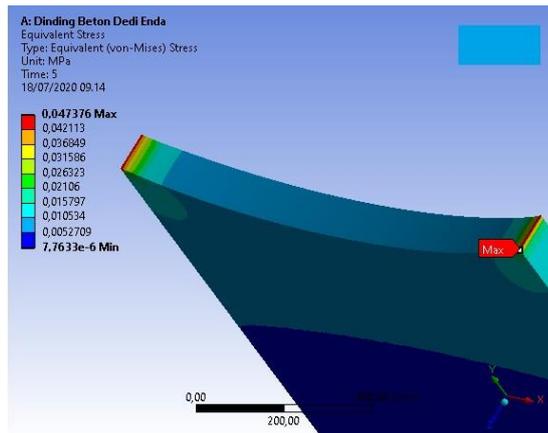
II. *Stress*

Beton yang mengalami gaya tekan tentunya menimbulkan tegangan (*stress*) didalam beton (Habi Arbi, 2014). Pada pengujian ini *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk adalah pada bagian dinding yang di kenai tumpuan. Hal ini terjadi karena pada bagian tersebut adalah bagian dari geometri yang paling besar menahan gaya aksial yang bekerja. Karena hanya gaya aksial yang bekerja maka beton akan mengalami perpendekan searah aksial. *Stress* yang terjadi akibat gaya aksial dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 *Stress* yang terjadi akibat gaya aksial dinding beton ringan Enda dkk.

Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa *stress* terjadi pada ujung kanan atas yaitu sebesar 0,047 Mpa pada saat beban sebesar 1000 N. Sedangkan batas kehancuran pada dinding beton Enda dkk adalah sebesar 1,62 Mpa dihitung menggunakan rumus modulus retak (SNI 2847 2019). Artinya dinding ini belum mengalami kehancuran pada saat beban 1000 N. *Stress* maximum dapat di lihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6: *Stres* maksimum yang terjadi akibat gaya aksial dinding beton ringan Enda dkk.

Stress maksimum yang terjadi akibat gaya aksial adalah sebesar 0,047 Mpa pada saat gaya 1000 N pada *time step* ke 5. Menurut Mulyadi (2011) pada penelitiannya bahwa ia meneliti sebuah tongkat yang di beri gaya dan hasilnya adalah tegangan terbesar terjadi pada bagian pegangan tongkat tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan (*stress*) maksimum selalu terjadi pada bagian tumpuan. Pada Tabel 4. 6 dapat di lihat data pengaruh gaya aksial dinding terhadap *stress*.

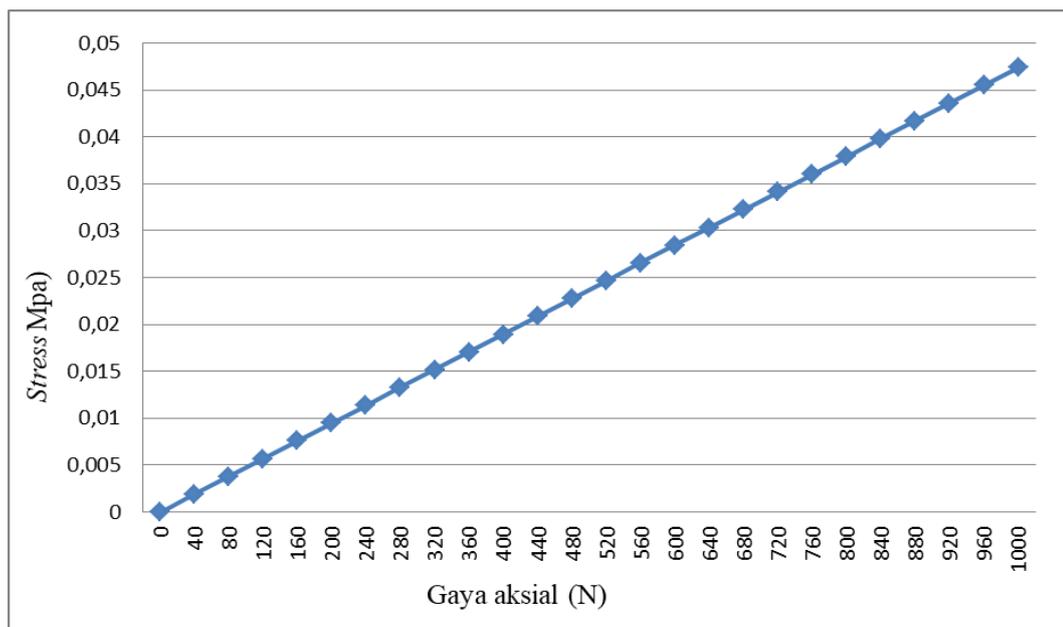
Tabel 4.6: Pengaruh gaya terhadap *stress* yang terjadi pada dinding.

Steps	Time [s]	Force [N]	Equivalent Stress (Max) Enda dkk [MPa]
1	0	0	
	0,2	40	1,90E-03
	0,4	80	3,79E-03
	0,6	120	5,69E-03
	0,8	160	7,58E-03
	1	200	9,48E-03
2	1,2	240	1,14E-02
	1,4	280	1,33E-02
	1,6	320	1,52E-02
	1,8	360	1,71E-02

Tabel 4.6: (lanjutan).

Steps	Time [s]	Force [N]	Equivalent Stress (Max) Enda dkk [MPa]
2	2	400	1,90E-02
3	2,2	440	2,08E-02
	2,4	480	2,27E-02
	2,6	520	2,46E-02
	2,8	560	2,65E-02
	3	600	2,84E-02
4	3,2	640	3,03E-02
	3,4	680	3,22E-02
	3,6	720	3,41E-02
	3,8	760	3,60E-02
	4	800	3,79E-02
5	4,2	840	3,98E-02
	4,4	880	4,17E-02
	4,6	920	4,36E-02
	4,8	960	4,55E-02
	5	1000	4,74E-02

Untuk grafik hubungan antara gaya dan stress dapat di lihat pada Gambar 4.7.



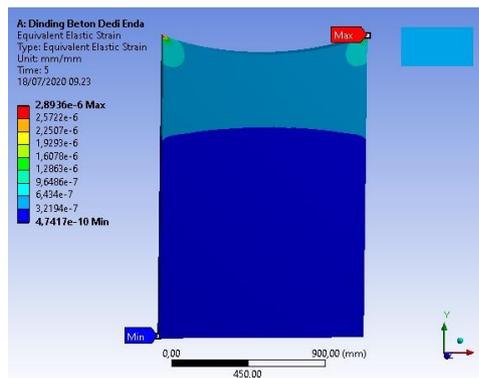
Gambar 4.7: Grafik hubungan antara stress dan gaya.

Dari grafik dan tabel di atas dapat di lihat bahwa gaya dan *stress* berbanding lurus (*linear*). Semakin besar gaya yang bekerja maka semakin besar juga *stress* yang terjadi.

III. *Strain*

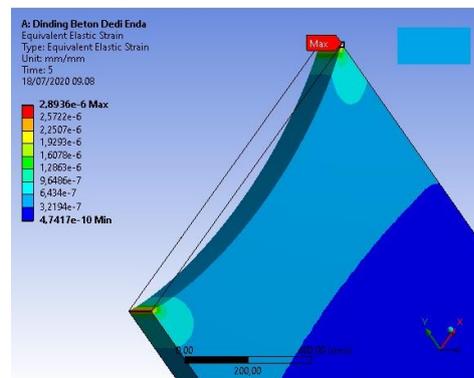
Beton yang mengalami gaya tekan tentunya menimbulkan tegangan (*stress*) di dalam beton. Tegangan ini menyebabkan bahan beton mengalami regangan (*strain*) (Habi Arbi, 2014). Pada pengujian beton ringan Enda dkk terhadap gaya aksial, *strain* terjadi pada bagian geometri yang mengalami *stress*. Terjadinya *strain* pada lokasi tersebut adalah karena material dinding beton ringan mengalami tarik.

Strain yang terjadi pada dinding akibat gaya aksial dapat di lihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8: *Strain* yang terjadi akibat gaya aksial dinding beton ringan Enda dkk.

Strain maksimum dapat di lihat paa Gambar 4.9.



Gambar 4.9: *Strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk.

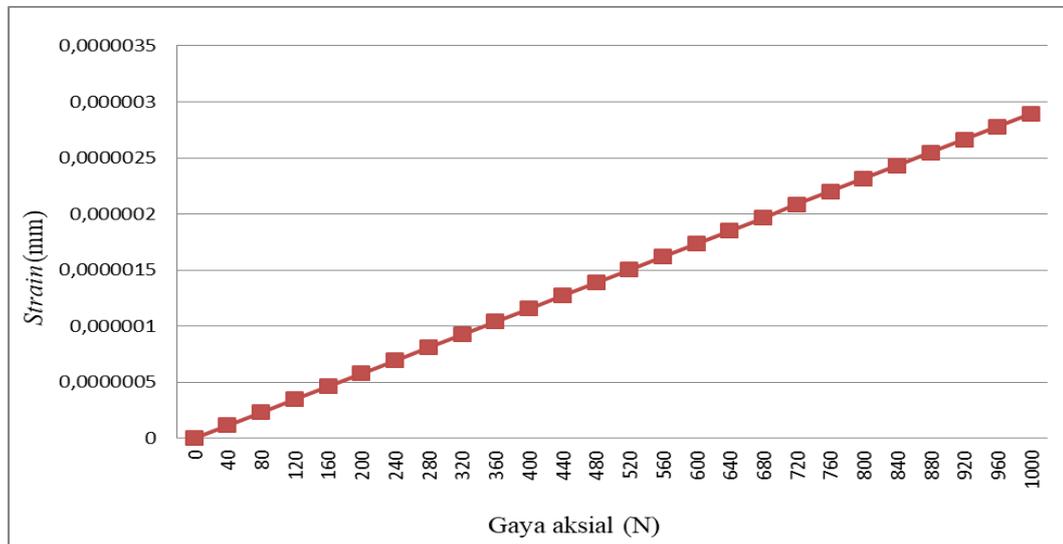
Strain maksimum yang terjadi adalah sebesar 0,00000289 mm pada *time step* ke 5 yaitu pada gaya sebesar 1000N. *Strain* maksimum terjadi pada bagian geometri yang berpegangan dengan tumpuan (*constraint*). Hal ini terjadi karena *strain* terjadi akibat adanya *stress*.

Pada Tabel 4.7 dapat di lihat data *strain* yang terjadi pada setiap *time step*nya.

Tabel 4.7: Pengaruh gaya aksial terhadap *strain* yang terjadi pada dinding.

Steps	Time [s]	Force [N]	Equivalent Elastic Strain (Max) [mm/mm]
1	0	0	
	0,2	40	1,16E-07
	0,4	80	2,31E-07
	0,6	120	3,47E-07
	0,8	160	4,63E-07
	1	200	5,79E-07
2	1,2	240	6,94E-07
	1,4	280	8,10E-07
	1,6	320	9,26E-07
	1,8	360	1,04E-06
	2	400	1,16E-06
3	2,2	440	1,27E-06
	2,4	480	1,39E-06
	2,6	520	1,50E-06
	2,8	560	1,62E-06
	3	600	1,74E-06
4	3,2	640	1,85E-06
	3,4	680	1,97E-06
	3,6	720	2,08E-06
	3,8	760	2,20E-06
	4	800	2,31E-06
5	4,2	840	2,43E-06
	4,4	880	2,55E-06
	4,6	920	2,66E-06
	4,8	960	2,78E-06
	5	1000	2,89E-06

Untuk grafik hubungan antara gaya aksial dan strain dapat dilihat pada Gambar 4.10.

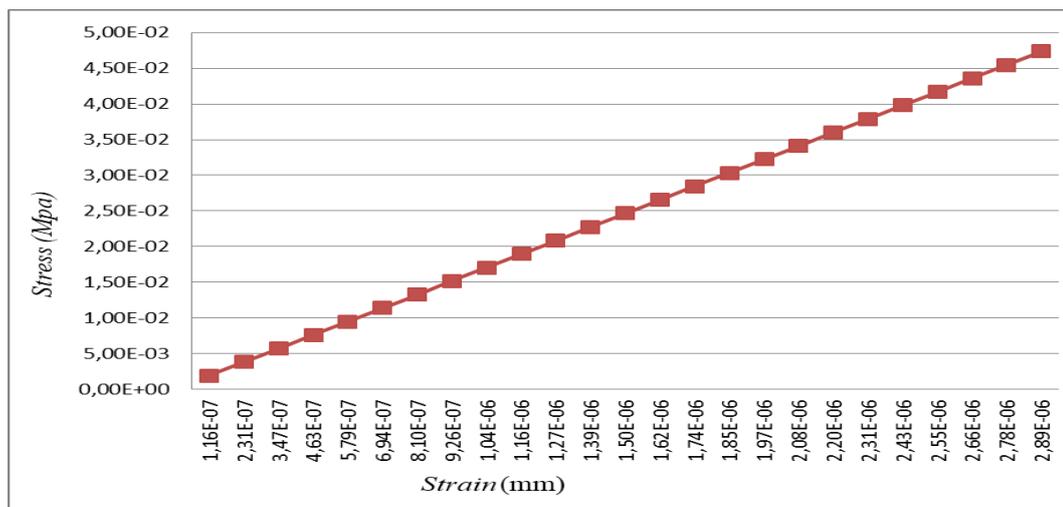


Gambar 4.10: Grafik hubungan antara gaya aksial dan *strain*.

Pada pengujian ini hubungan antara gaya dan *strain* berbanding lurus. Semakin besar gaya yang bekerja maka semakin besar pula *strain* yang terjadi.

IV. Hubungan antara *stress* dan *strain*

Untuk grafik hubungan antara *stress* dan *strain* yang terjadi akibat gaya aksial yang bekerja pada dinding beton ringan Enda dkk dapat di lihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11: Grafik hubungan antara *stress* dan *strain*.

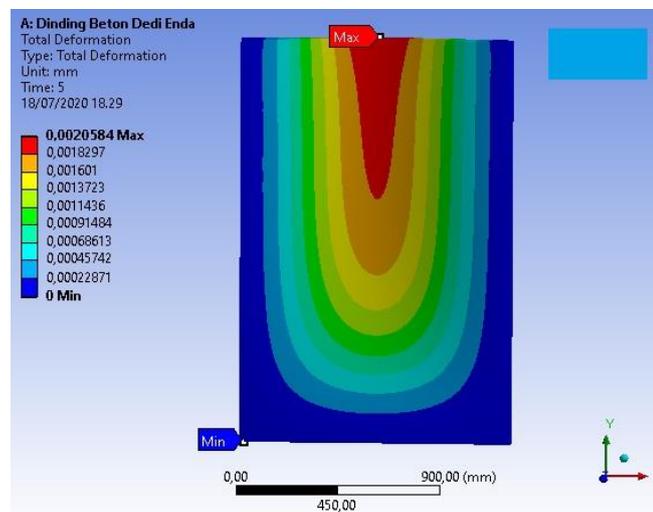
Pada Gambar 4.11 dapat kita lihat bahwa grafik perbandingan antara *stress* dan *strain* adalah linear atau berbanding lurus. Menurut Souisa, (2011) hubungan antara tegangan dan regangan mengikuti hukum Hooke untuk elastisitas, dalam batas (limit) elastik suatu benda, dan hal ini menunjukkan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan.

4.2.1.2 Hasil pengujian terhadap gaya lateral

I. Deformasi

Deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk pada simulasi ini adalah akibat dari pemberian gaya lateral. Deformasi yang terjadi adalah deformasi searah lateral. Pada dinding beton ringan Enda dkk bagian kanan, bawah dan kiri dinding di tumpu secara jepit (*constrain*) sedangkan dari arah lateral di beri gaya sebesar 1000 N maka deformasi yang terjadi adalah pada bagian tengah dinding yang paling jauh dari tumpuan.

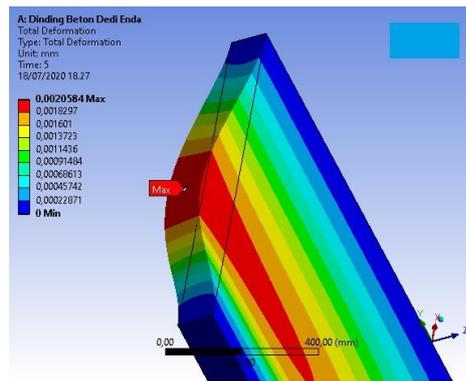
Deformasi yang terjadi akibat gaya aksial dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12: Deformasi dinding beton ringan Enda dkk terhadap gaya lateral

Pada geometri dinding beton ringan Enda dkk yang di kenai gaya lateral dan mengalami deformasi tentu saja memiliki lokasi tempat deformasi maksimum terjadi. Deformasi maksimum terjadi tentu saja akibat gaya maksimum yang bekerja. Sedangkan jika gaya yang bekerja adalah gaya merata maka deformasi

maksimum yang terjadi adalah pada bagian yang paling jauh dari tumpuan. Pada dinding beton ringan Enda dkk deformasi yang terjadi adalah pada bagian tengah yang paling jauh dari tumpuan. Jika di lihat pada konsep deformasi pada gambar 4.12 maka dapat di ketahui lokasi deformasi maksimum yang terjadi. Untuk deformasi maksimum dapat di lihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13: Deformasi maksimum dinding beton ringan Enda dkk terhadap gaya lateral.

Deformasi yang terjadi pada dinding beton Enda dkk akibat gaya lateral terjadi pada tengah geometri dinding yaitu deformasi lateral searah sumbu z. Hal ini serupa dengan konsep yang ada pada buku teknik sipil yang di tulis oleh (Kh, 1984).

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya lateral adalah sebesar 0,002 mm pada saat gaya 1000 N yaitu pada *time step* ke 5. Pada Tabel 4.8 dapat di lihat data hasil pengujian *stress* akibat gaya lateral.

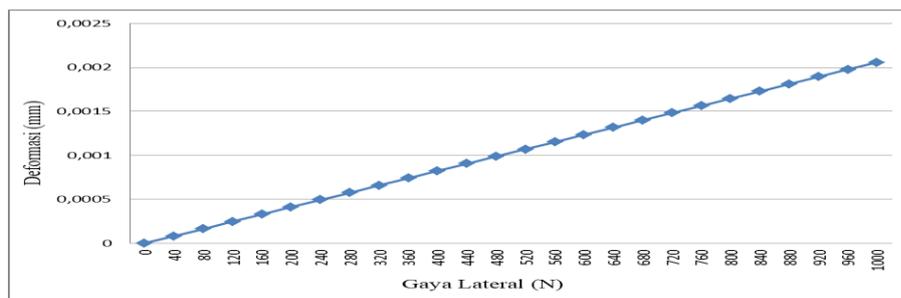
Tabel 4.8: Data hasil pengujian deformasi akibat gaya lateral dinding beton ringan Enda dkk.

Steps	Time [s]	[A] Beban Lateral (Force) [N]	Deformation (Max) Enda dkk [mm]
1	0	0	
	0,2	40	8,23E-05

Tabel 4.8: (lanjutan).

Steps	Time [s]	[A] Beban Lateral (Force) [N]	Deformation (Max) Enda dkk [mm]
1	0,4	80	1,65E-04
	0,6	120	2,47E-04
	0,8	160	3,29E-04
	1	200	4,12E-04
2	1,2	240	4,94E-04
	1,4	280	5,76E-04
	1,6	320	6,59E-04
	1,8	360	7,41E-04
	2	400	8,23E-04
3	2,2	440	9,06E-04
	2,4	480	9,88E-04
	2,6	520	1,07E-03
	2,8	560	1,15E-03
	3	600	1,24E-03
4	3,2	640	1,32E-03
	3,4	680	1,40E-03
	3,6	720	1,48E-03
	3,8	760	1,56E-03
	4	800	1,65E-03
5	4,2	840	1,73E-03
	4,4	880	1,81E-03
	4,6	920	1,89E-03
	4,8	960	1,98E-03
	5	1000	2,06E-03

Untuk hubungan antara gaya dan deformasi dapat di lihat pada Gambar 4.14.

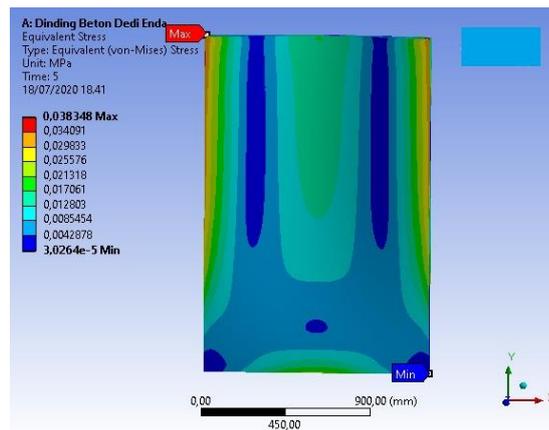


Gambar 4.14: Grafik hubungan antara gaya dan deformasi.

Pada gambar 4.13 dapat di lihat bahwa hubungan antara gaya dan deformasi berbanding lurus. Artinya semakin besar gaya yang bekerja terhadap dinding tersebut maka semakin besar pula deformasi yang terjadi.

II. Stress

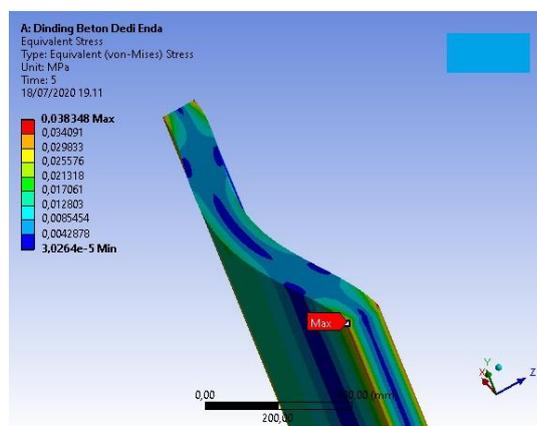
Stress dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya lateral dapat di lihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15: *Stress* dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya lateral.

Stress yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya lateral yang bekerja adalah pada bagian tumpuan. Hal ini terjadi karena bagian tersebut mengalami tarik yang lebih besar di bandingkan bagian lainnya.

Untuk *stress* maksimum dapat di lihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16: *Stress* maksimum dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya lateral.

Stress maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya lateral yang bekerja adalah pada bagian tumpuan sisi kiri dan kanan bagian atas. Hal ini terjadi karena bagian geometri tersebut adalah tumpuan yang menanggung gaya paling besar.

Pada Gambar 4.16 dapat di lihat bahwa *stress* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya lateral adalah sebesar 0,038 Mpa pada saat gaya 1000 N yaitu pada *time step* ke 5.

Pada Tabel 4.9 dapat di lihat data hasil dari pengujian dinding beton ringan Enda dkk terhadap gaya lateral.

Tabel 4.9: Data hasil pengujian dinding beton ringan Enda dkk terhadap gaya lateral.

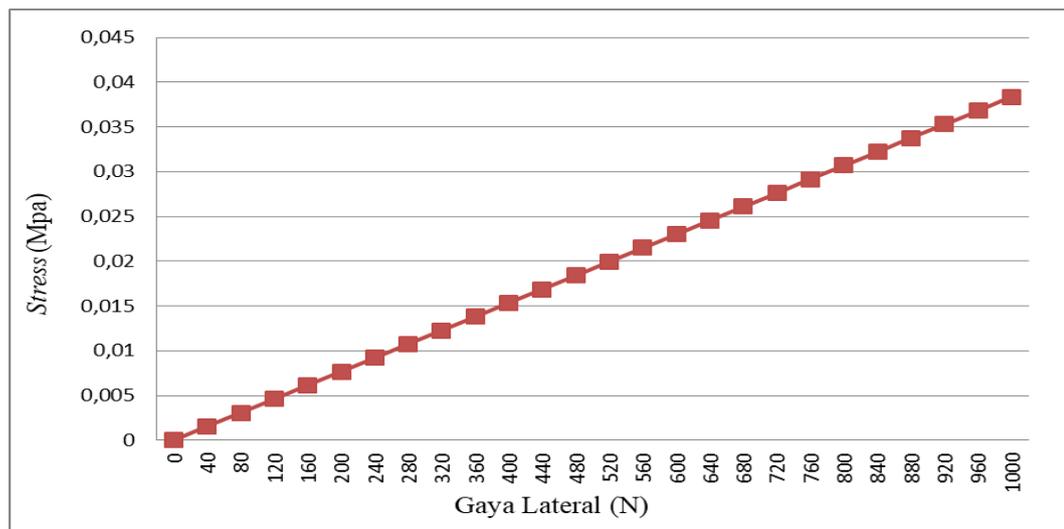
Steps	Time [s]	[A] Beban Lateral (Force) [N]	Equivalent Stress (Max) Enda dkk [MPa]
1	0	0	
	0,2	40	1,53E-03
	0,4	80	3,07E-03
	0,6	120	4,60E-03
	0,8	160	6,14E-03
	1	200	7,67E-03
2	1,2	240	9,20E-03
	1,4	280	1,07E-02
	1,6	320	1,23E-02
	1,8	360	1,38E-02
	2	400	1,53E-02
3	2,2	440	1,69E-02
	2,4	480	1,84E-02
	2,6	520	1,99E-02
	2,8	560	2,15E-02
	3	600	2,30E-02
4	3,2	640	2,45E-02
	3,4	680	2,61E-02
	3,6	720	2,76E-02
	3,8	760	2,91E-02
	4	800	3,07E-02
5	4,2	840	3,22E-02

Tabel 4.9: (lanjutan).

Steps	Time [s]	[A] Beban Lateral (Force) [N]	Equivalent Stress (Max) Enda dkk [MPa]
5	4,4	880	3,37E-02
	4,6	920	3,53E-02
	4,8	960	3,68E-02
	5	1000	3,83E-02

Pada tabel di 4.9 dapat di lihat bahwa semakin besar gaya yang bekerja maka semakin besar pula *stress* yang terjadi.

Pada Gambar 4.17 dapat di lihat grafik hubungan antara gaya lateral dan *stress* yang terjadi.



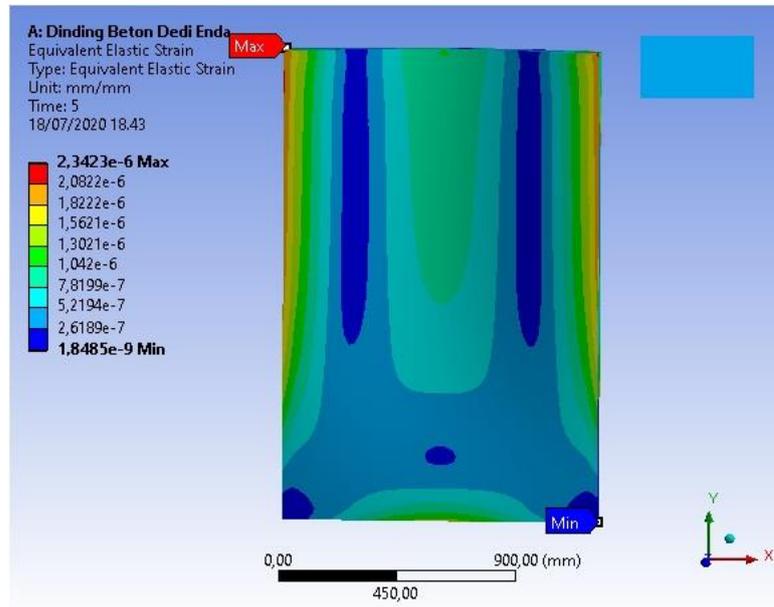
Gambar 4.17: Grafik hubungan antara gaya lateral dan *stress* dinding beton ringan Enda dkk.

Pada Gambar 4.17 dapat di lihat bahwa hubungan antara gaya dan *stress* berbanding lurus. Semakin besar gaya yang bekerja maka semakin besar pula *stress* yang terjadi.

III. Strain

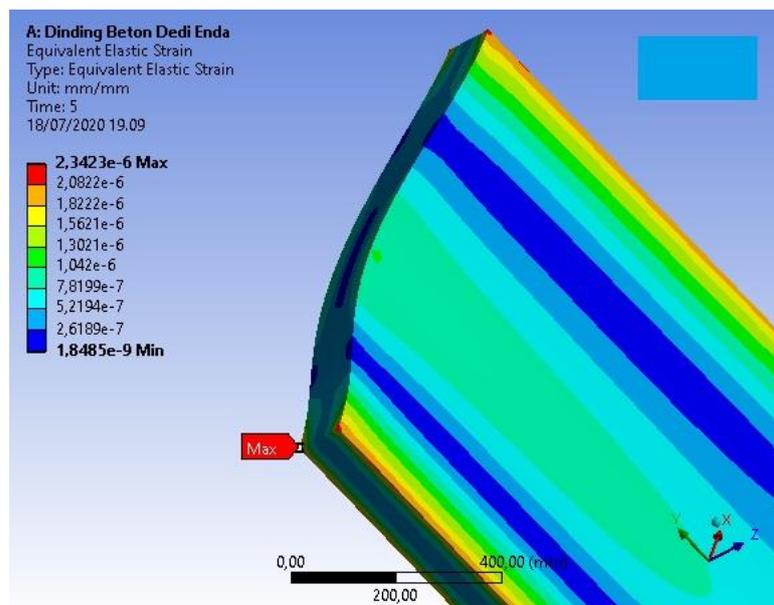
Strain yang terjadi akibat gaya lateral yang bekerja pada dinding beton ringan Enda dkk dapat di lihat pada diagram kontur dan animasi geometri hasil simulasi. *Strain* terjadi di bagian geometri yang bertepatan pada tumpuan.

Strain dinding beton ringan Enda dkk yang terjadi akibat gaya lateral dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18: *Strain* dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya lateral.

Pada Gambar 4.19 dapat dilihat *strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial.

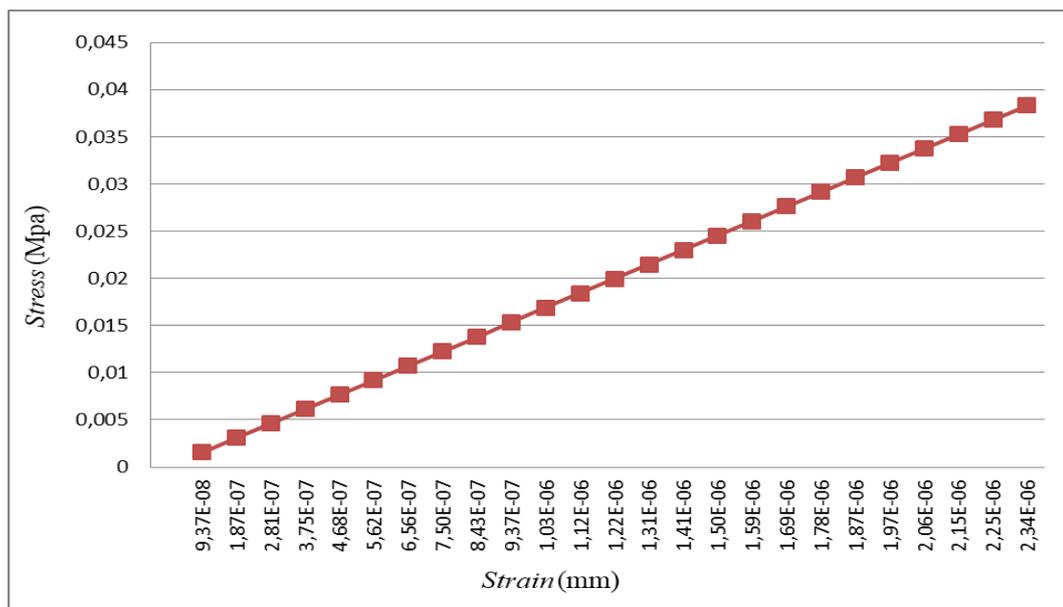


Gambar 4.19: *Strain* maksimum yang terjadi akibat gaya lateral pada dinding beton ringan Enda dkk.

Strain yang terjadi akibat gaya lateral terjadi pada ujung pinggir dinding tepat pada dekat bagian tumpuan. *Strain* terjadi akibat adanya *stress* di bagian tersebut (Habi Arbi, 2014). *Strain* maksimum yang terjadi adalah sebesar 0,038 mm pada saat gaya sebesar 1000 N yaitu pada *time step* ke 5.

IV. Hubungan antara *stress* dan *strain*

Menurut Souisa, (2011) hubungan antara tegangan dan regangan mengikuti hukum Hooke untuk elastisitas, dalam batas (limit) elastik suatu benda, dan hal ini menunjukkan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan. Hubungan antara *stress* dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya lateral adalah berabnding lurus Untuk hubungan antara *stress* dan *strain* dapat di lihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20: Grafik hubungan antara *stress* dan *strain*.

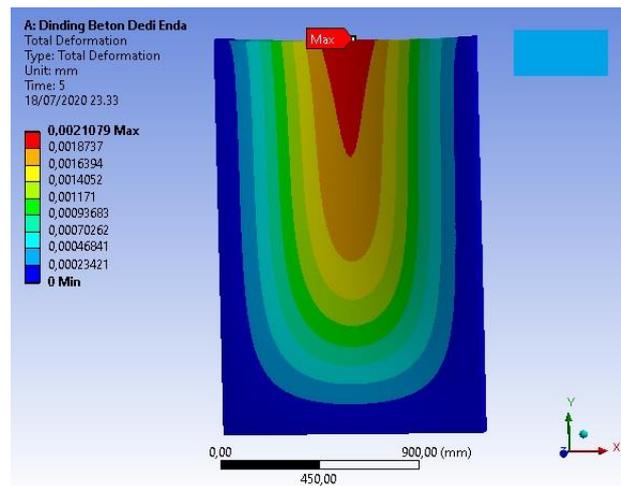
4.2.1.3 Hasil pengujian terhadap gaya aksial dan lateral

I. Deformasi

Secara simulasi, deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral terjadi di bagian tengah geometri antara tumpuan. Pada saat gaya aksial yang bekerja maka dinding akan berdeformasi secara aksial dan pada saat gaya bekerja searah lateral maka deformasi yang bekerja searah

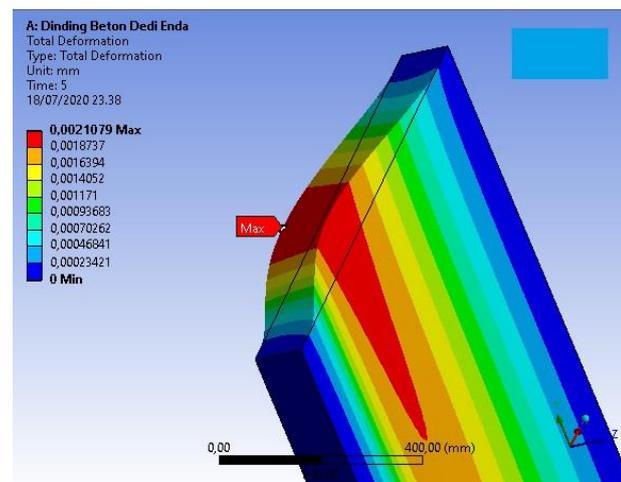
lateral. Dalam simulasi ini dinding beton ringan Enda dkk mengalami deformasi dua arah yaitu secara aksial dan lateral. Dalam simulasi menggunakan (FEM) untuk mengetahuinya adalah dengan cara mengecek *total deformation*. Hal ini terjadi di akibatkan oleh gaya yang bekerja pada dinding tersebut.

Deformasi yang terjadi akibat gaya aksial dan lateral dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4. 21: Deformasi dinding beton Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral.

Untuk deformasi maksimum akibat gaya aksial dan lateral dapat di lihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22: Deformasi maksimum dinding beton Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral.

Deformasi maksimum selalu terjadi pada bagian geometri yang paling jauh dari tumpuan. Pada simulasi dinding beton ringan Enda dkk deformasi maksimum terjadi pada bagian tengah atas dinding. Hal ini terjadi karena gaya yang bekerja adalah gaya merata dan geometri di tumpu di bagian ujung kanan, kiri dan bawah geometri. bagian tengah atas dinding mengalami momen lentur secara maksimum di bandingkan bagian lainnya.

Pada gambar 4.22 dapat di lihat bahwa deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral adalah sebesar 0,002 mm pada saat gaya aksial sebesar 1000 N dan gaya lateral sebesar 1000N yaitu pada *time step* ke 5.

Pada Tabel 4.10 dapat di lihat data-data hasil pengujian deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral.

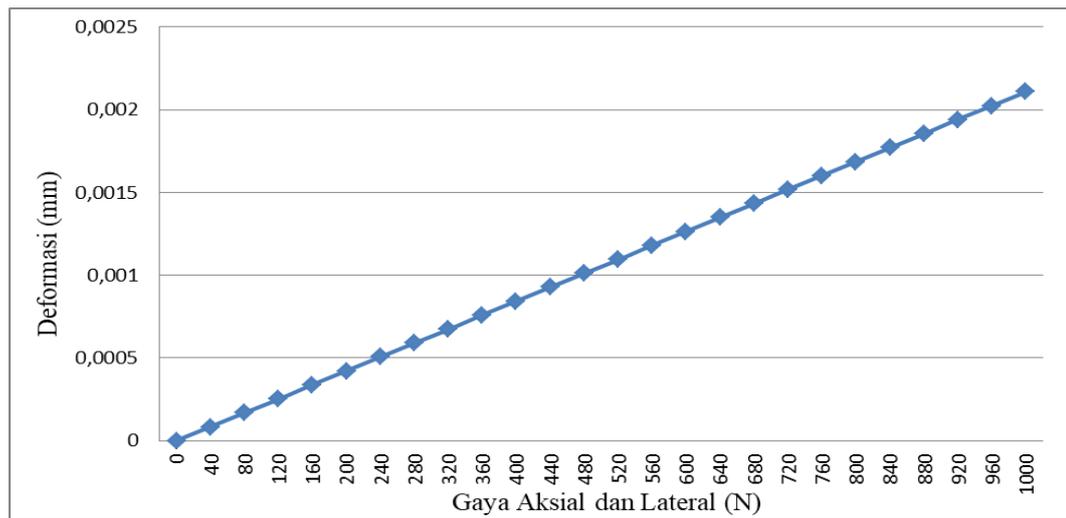
Tabel 4.10: Data-data gaya dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral.

Steps	Time [s]	[A] Beban Lateral (Force) [N]	[B] Beban Aksial (Force) [N]	Total Deformation (Max) Enda dkk [mm]
1	0	0	0	
	0,2	40	40	8,43E-05
	0,4	80	80	1,69E-04
	0,6	120	120	2,53E-04
	0,8	160	160	3,37E-04
	1	200	200	4,22E-04
2	1,2	240	240	5,06E-04
	1,4	280	280	5,90E-04
	1,6	320	320	6,75E-04
	1,8	360	360	7,59E-04
	2	400	400	8,43E-04
3	2,2	440	440	9,27E-04
	2,4	480	480	1,01E-03
	2,6	520	520	1,10E-03
	2,8	560	560	1,18E-03
	3	600	600	1,26E-03
4	3,2	640	640	1,35E-03
	3,4	680	680	1,43E-03

Tabel 4.10: (lanjutan).

Steps	Time [s]	[A] Beban Lateral (Force) [N]	[B] Beban Aksial (Force) [N]	Total Deformation (Max) Enda dkk [mm]
4	3,6	720	720	1,52E-03
	3,8	760	760	1,60E-03
	4	800	800	1,69E-03
5	4,2	840	840	1,77E-03
	4,4	880	880	1,85E-03
	4,6	920	920	1,94E-03
	4,8	960	960	2,02E-03
	5	1000	1000	2,11E-03

Pada Gambar 4.23 dapat di lihat grafik hubungan antara gaya dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral.



Gambar 4.23: Grafik hubungan antara gaya dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja.

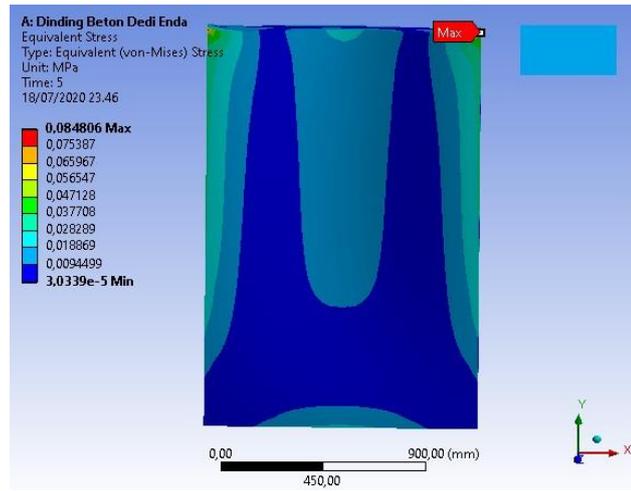
Pada Gambar 4.20 dapat di lihat bahwa hubungan antara gaya dan deformasi berbanding lurus, artinya semakin besar gaya yang bekerja pada dinding tersebut maka semakin besar pula deformasi yang terjadi.

II. Stress

Secara simulasi *stress* yang terjadi pada dinding beton Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yaitu terjadi pada bagian geometri yang menahan atau pada

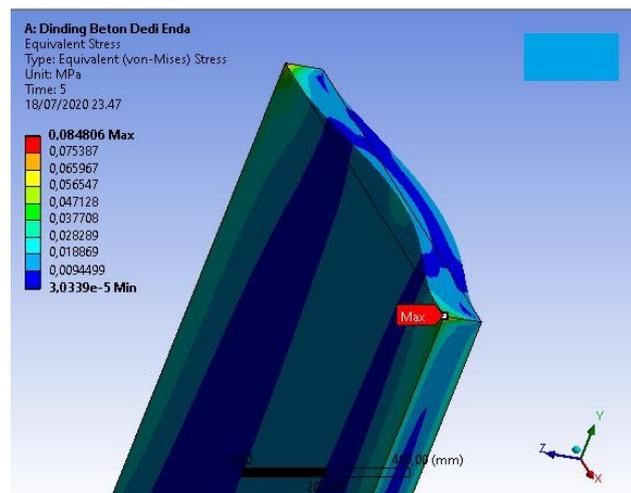
bagian tumpuan. Hal ini terjadi karena pada bagian tersebut adalah bagian yang menahan dinding dari pengaruh gaya-gaya yang bekerja.

Untuk *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja dapat di lihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24: *Stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja.

Untuk *stress* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral dapat di lihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25: *Stress* maksimum yang terjadi pada dinding beton Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja.

Pada gambar 4.25 dapat di lihat bahwa *stress* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja terjadi pada ujung kanan dan kiri bagian atas. Hal ini terjadi karena bagian tersebut adalah bagian yang paing besar menahan dinding dari gaya-gaya yang bekerja. *Stress* maksimum yang terjadi adalah sebesar 0,08 Mpa pada saat gaya aksial sebesar 1000 N dan gaya lateral sebesar 1000 N yaitu pada *time step* ke 5.

Untuk data-data hasil pengujian *sress* yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral dapat di lihat pada Tabel 4.11.

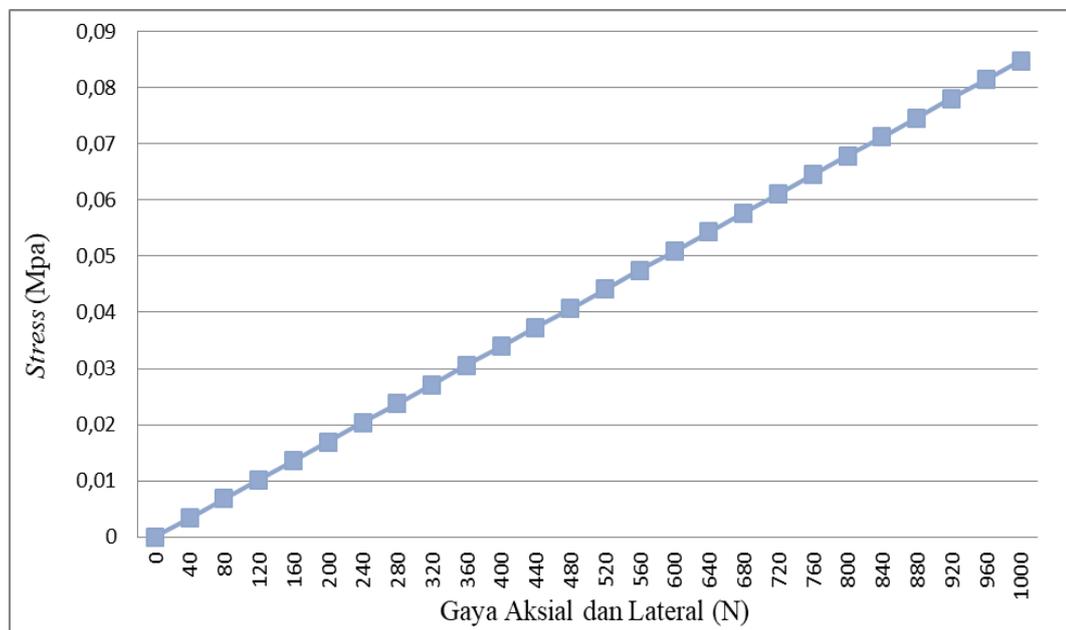
Tabel 4.11: Data-data *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja.

Steps	Time [s]	[A] Beban Lateral (Force) [N]	[B] Beban Aksial (Force) [N]	Equivalent Stress (Max) [MPa]
1	0	0	0	
	0,2	40	40	3,39E-03
	0,4	80	80	6,78E-03
	0,6	120	120	1,02E-02
	0,8	160	160	1,36E-02
	1	200	200	1,70E-02
2	1,2	240	240	2,04E-02
	1,4	280	280	2,37E-02
	1,6	320	320	2,71E-02
	1,8	360	360	3,05E-02
	2	400	400	3,39E-02
3	2,2	440	440	3,73E-02
	2,4	480	480	4,07E-02
	2,6	520	520	4,41E-02
	2,8	560	560	4,75E-02
	3	600	600	5,09E-02
4	3,2	640	640	5,43E-02
	3,4	680	680	5,77E-02
	3,6	720	720	6,11E-02
	3,8	760	760	6,45E-02
	4	800	800	6,78E-02
5	4,2	840	840	7,12E-02
	4,4	880	880	7,46E-02
	4,6	920	920	7,80E-02

Tabel 4.11: (lanjutan)

Steps	Time [s]	[A] Beban Lateral (Force) [N]	[B] Beban Aksial (Force) [N]	Equivalent Stress (Max) [MPa]
5	4,8	960	960	8,14E-02
	5	1000	1000	8,48E-02

Untuk grafik hubungan antara gaya dan *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja dapat di lihat pada Gambar 4.26.

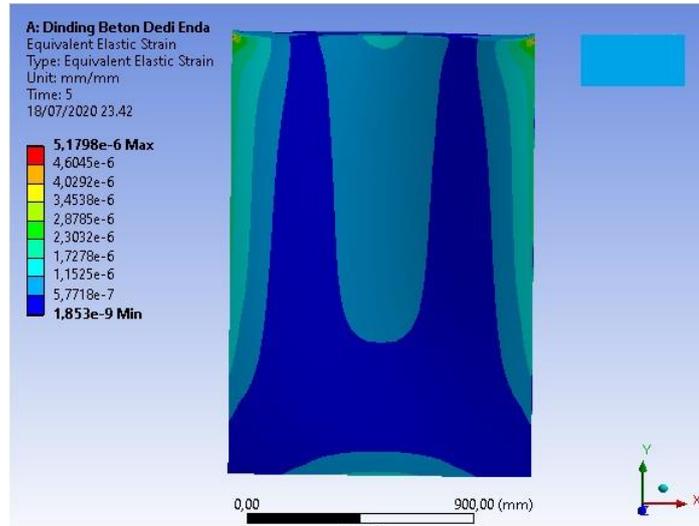


Gambar 4.26 Grafik hubungan antara gaya dan *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja.

Pada Gambar 4.23 dapat di lihat bahwa hubungan antara gaya dan *stress* yang terjadi berbanding lurus, artinya semakin besar gaya yang bekerja maka semakin besar pula *stress* yang terjadi pada dinding tersebut.

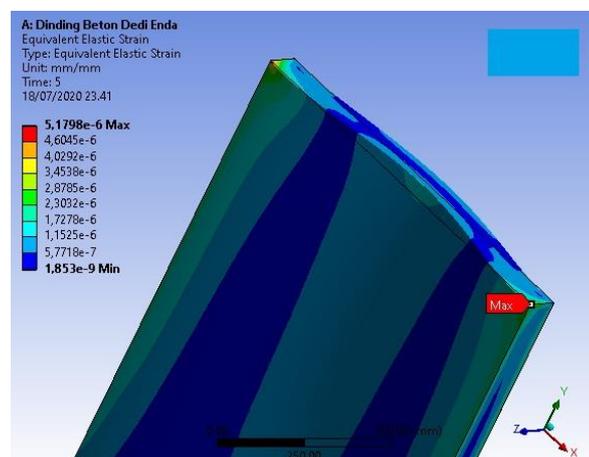
III. *Strain*

Strain yang diakibatkan oleh gaya aksial dan lateral terjadi di ujung dinding atau pada bagian yang di tumpu. Untuk *strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja dapat di lihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27: *Strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja.

Pada Gambar 4.28 dapat di lihat *strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksia dan lateral.



Gambar 4.28: *Strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja.

Pada Gambar 4.25 dapat di lihat bahwa *strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yaitu terjadi pada bagian kanan atas tepat pada bagian tumpuan. *strain* terjadi pada bagian geometri

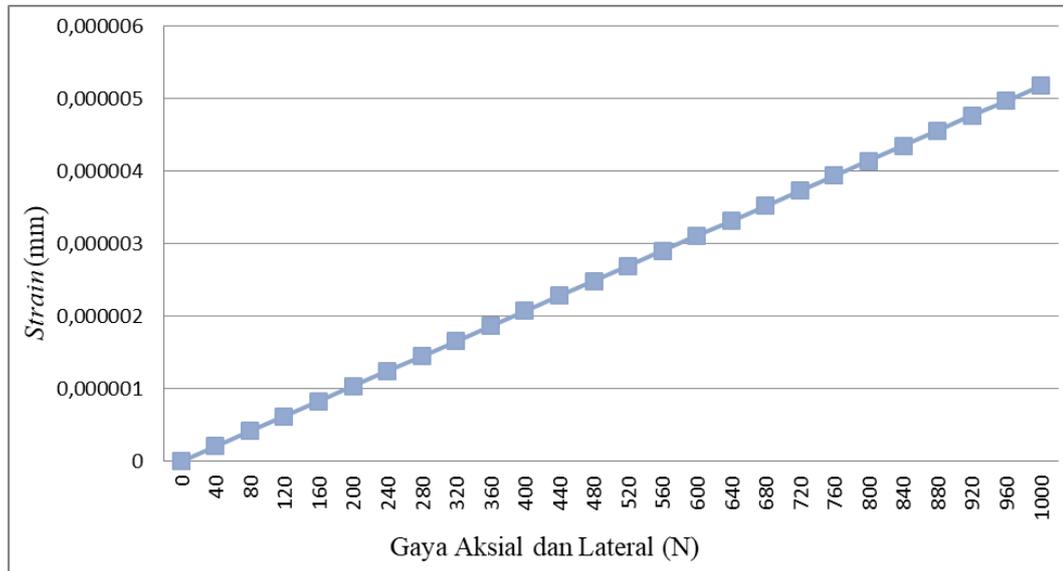
yang mengalami *stress* hal ini terjadi karena menurut Habi Arbi, (2014) beton yang mengalami *stress* akan menyebabkan *strain*. *Strain* maksimum yang terjadi adalah sebesar 0,0000051 mm pada saat gaya aksial sebesar 1000 N dan gaya lateral sebesar 1000 N yaitu pada *time step* ke 5.

Untuk data-data gaya dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja dapat di lihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Data-data gaya dan strain yang terjadi akibat gaya aksial dan lateral yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk.

Steps	Time [s]	[A] Beban Lateral (Force) [N]	[B] Beban Aksial (Force) [N]	Equivalent Elastic Strain (Max) [mm/mm]
1	0	0	0	
	0,2	40	40	2,07E-07
	0,4	80	80	4,14E-07
	0,6	120	120	6,22E-07
	0,8	160	160	8,29E-07
	1	200	200	1,04E-06
2	1,2	240	240	1,24E-06
	1,4	280	280	1,45E-06
	1,6	320	320	1,66E-06
	1,8	360	360	1,86E-06
	2	400	400	2,07E-06
3	2,2	440	440	2,28E-06
	2,4	480	480	2,49E-06
	2,6	520	520	2,69E-06
	2,8	560	560	2,90E-06
	3	600	600	3,11E-06
4	3,2	640	640	3,32E-06
	3,4	680	680	3,52E-06
	3,6	720	720	3,73E-06
	3,8	760	760	3,94E-06
	4	800	800	4,14E-06
5	4,2	840	840	4,35E-06
	4,4	880	880	4,56E-06
	4,6	920	920	4,77E-06
	4,8	960	960	4,97E-06
	5	1000	1000	5,18E-06

Untuk grafik hubungan antara gaya dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral dapat di lihat pada Gambar 4.29.



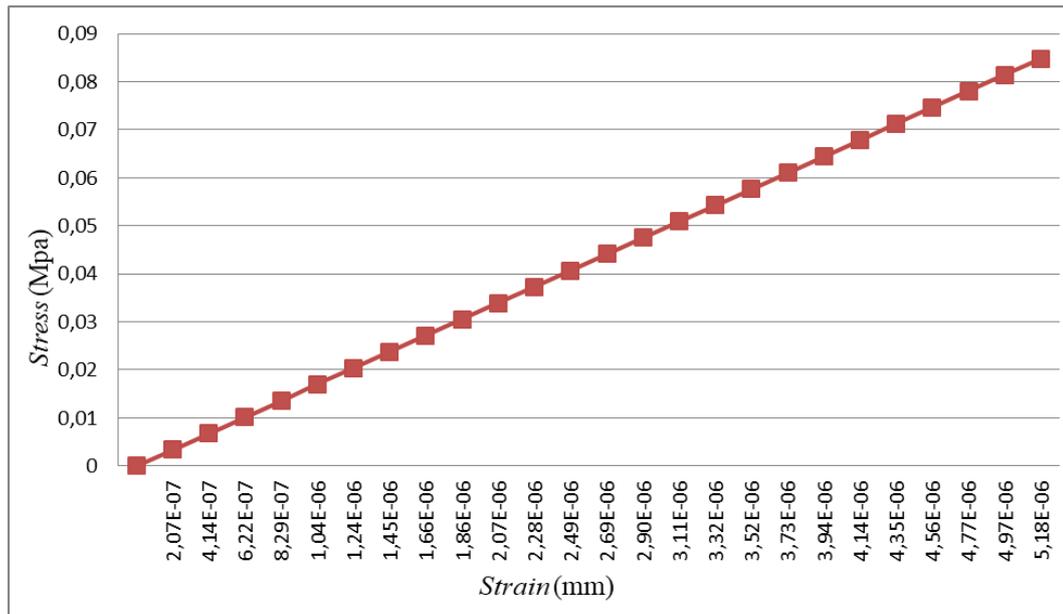
Gambar 4.29: Grafik hubungan antara gaya dan strain yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja.

Dapat di lihat pada Gambar 4.29 bahwa hubungan antara gaya dan *strain* berbanding lurus, yang artinya semakin besar brban yang bekerja maka semakin besar pula *strain* yang terjadi.

IV. Hubungan antara *stress* dan *strain*

Setelah gaya aksial dan lateral masing-masing bekerja maka geometri mengalami *stress* dan *strain*. Keduanya sama-sama dipengaruhi oleh gaya yang mengenai geometri tersebut dan memiliki hubungan atau besar nominal yang berkaitan.

Hubungan antara *stress* dan *strain* berbanding lurus, yaitu semakin besar *stress* yang terjadi pada dinding beton tersebut maka semakin besar pula *strain* yang terjadi. Hal ini terjadi karena menurut Souisa, (2011) hubungan antara tegangan dan regangan mengikuti hukum Hooke untuk elastisitas, dalam batas (limit) elastik suatu benda, dan hal ini menunjukkan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan. Grafik hubungan antara *stress* dan *strain* dapat dilihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30: Grafik hubungan *stress* dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral yang bekerja.

Dapat di lihat pada Gambar 4.30 hubungan antara *stress* dan *strain* berbanding lurus, yaitu semakin besar *stress* yang terjadi pada dinding beton tersebut maka semakin besar pula *strain* yang terjadi. Hal ini terjadi karena menurut Souisa, (2011) hubungan antara tegangan dan regangan mengikuti hukum Hooke untuk elastisitas, dalam batas (limit) elastik suatu benda, dan hal ini menunjukkan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan.

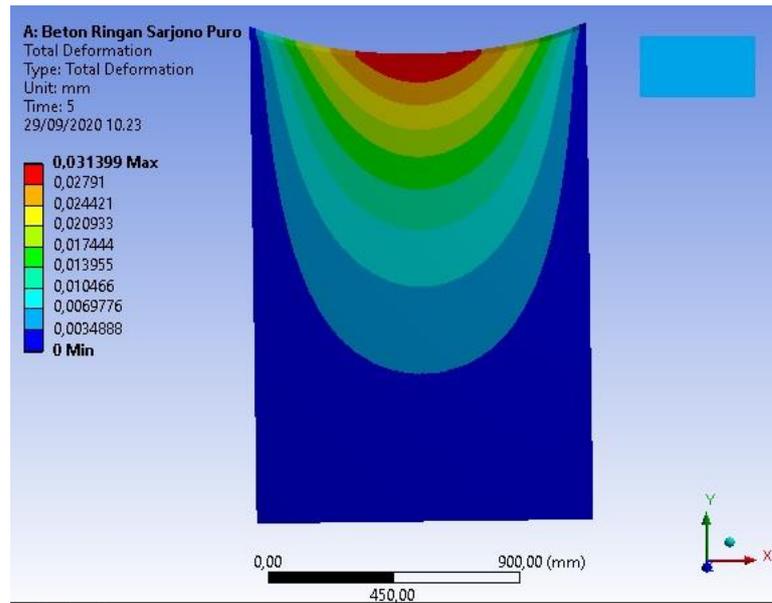
4.2.2 Pengujian dinding beton ringan Sarjono Puro

4.2.2.1 Hasil pengujian terhadap gaya aksial

I. Deformasi

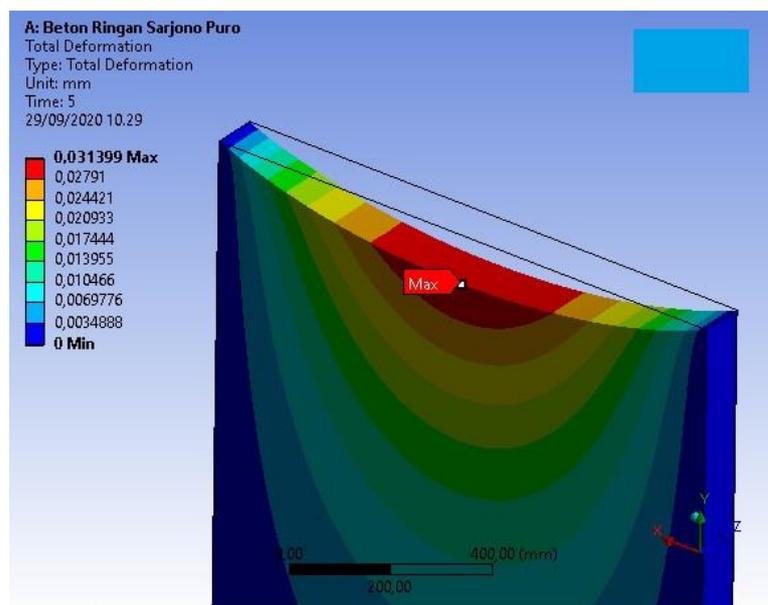
Secara simulasi deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro yang dikenai gaya aksial akan berdeformasi searah aksial. Hal ini karena gaya yang bekerja adalah gaya aksial. Deformasi disebabkan oleh mikro-*stress* dan akhirnya menyebabkan dislokasi. Dislokasi ini akan menyebabkan kerusakan tingkat mikro dan kemudian menyebabkan kerusakan (Muchiar & Mahmud, 2016).

Deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dapat di lihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial.

Pada Gambar 4.32 dapat di lihat animasi dan diagram kontur deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial yang bekerja.



Gambar 4.32: Deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial.

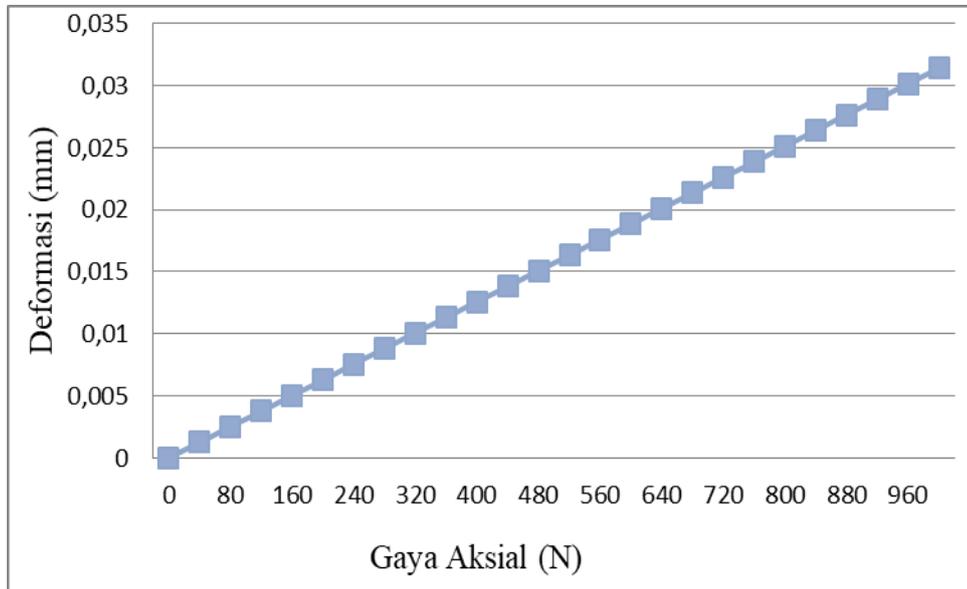
Pada gambar di atas dapat di lihat deformasi maksimum yang terjadi akibat gaya aksial berada di bagian tengah sisi atas dinding yang paling jauh dari tumpuan yaitu sebesar 0,031 mm pada saat gaya sebesar 1000 N. terjadinya deformasi maksimum pada lokasi tersebut diakibatkan oleh gaya yang bekerja adalah gaya merata dan dinding beton ringan tersebut di tumpu pada bagian sisi kanan, kiri dan bawah.

Untuk data-data gaya aksial dan besar deformasi yang terjadi pada setiap *time step*-nya dapat di lihat pada Tabel 4.13

Tabel 4.13: Data-data gaya aksial dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Steps	Time [s]	Beban aksial (Force) [N]	Total Deformation (Max) [mm]
1	0	0	
	0,2	40	1,26E-03
	0,4	80	2,51E-03
	0,6	120	3,77E-03
	0,8	160	5,02E-03
	1	200	6,28E-03
2	1,2	240	7,54E-03
	1,4	280	8,79E-03
	1,6	320	1,00E-02
	1,8	360	1,13E-02
	2	400	1,26E-02
3	2,2	440	1,38E-02
	2,4	480	1,51E-02
	2,6	520	1,63E-02
	2,8	560	1,76E-02
	3	600	1,88E-02
4	3,2	640	2,01E-02
	3,4	680	2,14E-02
	3,6	720	2,26E-02
	3,8	760	2,39E-02
	4	800	2,51E-02
5	4,2	840	2,64E-02
	4,4	880	2,76E-02
	4,6	920	2,89E-02
	4,8	960	3,01E-02
	5	1000	3,14E-02

Pada Gambar 4.33 dapat di lihat grafik hubungan antara gaya dan deformasi yang terjadi akibat gaya aksial yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.



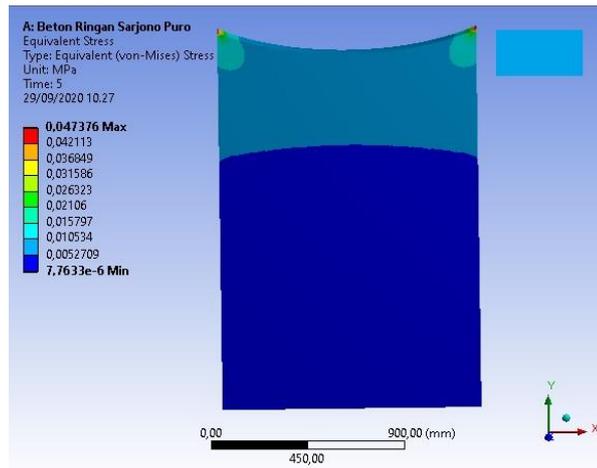
Gambar 4.33: Grafik hubungan antara gaya aksial dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Pada gambar 4.33 dapat di lihat bahwa hubungan antara gaya aksial dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro berbanding lurus, artinya semakin besar gaya aksial yang bekerja maka semakin besar pula deformasi yang terjadi pada dinding tersebut.

II. *Stress*

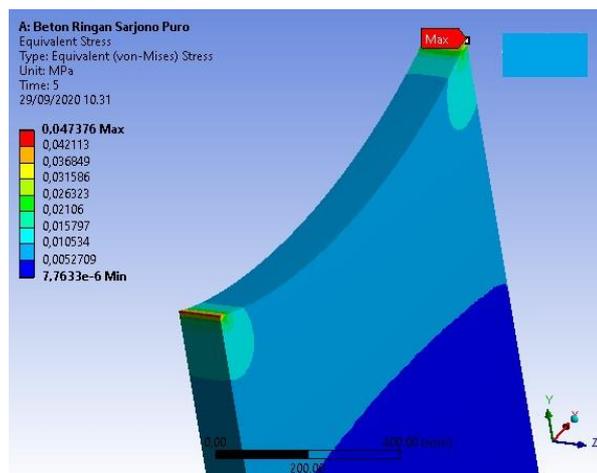
Secara simulasi *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial terjadi pada bagian tumpuan, yaitu tumpuan kanan dan kiri dinding bagian atas. Hal ini terjadi karena pada bagian tersebut adalah bagian yang paling besar menahan atau melawan gaya yang bekerja karena gaya tersebut adalah gaya aksial yang datang tepat dari bagian atas dinding tersebut. Sedangkan pada bagian bawah dinding hanya mengalami *stress* minimum atau kondisi aman.

Untuk animasi dan diagram kontur *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dapat di lihat pada Gambar 4.34.



Gambar 4.34: *Stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial.

Pada gambar 4.35 dapat di lihat *stress* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial.



Gambar 4.35: *Stress* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial.

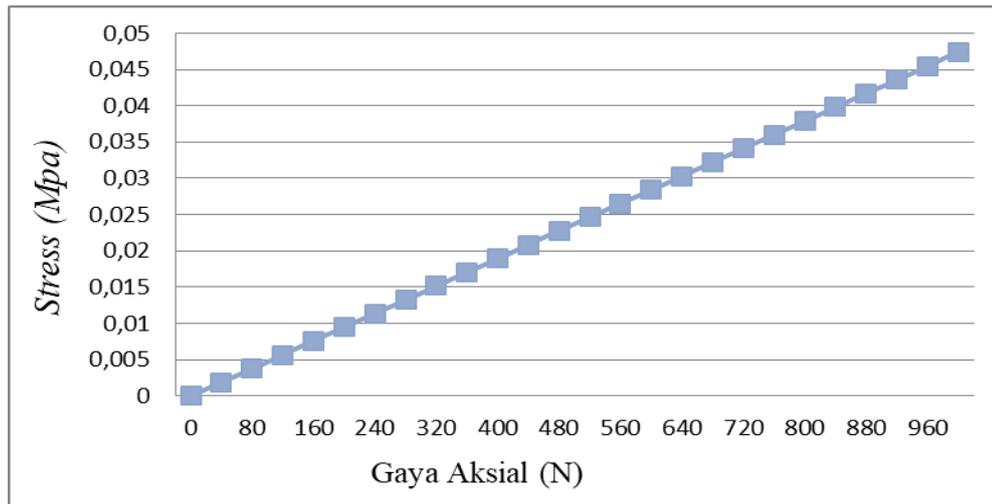
Stress maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial yang bekerja terjadi pada bagian sudut dinding sisi atas. Hal ini terjadi karena gaya aksial yang bekerja berasal dari atas dinding dan langsung mempengaruhi bagian tumpuan dinding. Dapat di lihat pada animasi dan diagram kontur pada Gambar 3.35. *stress* maksimum yang terjadi yaitu sebesar 0,047 Mpa pada saat gaya sebesar 1000 N.

Untuk data-data gaya dan *stress* yang terjadi secara bertahap pada dinding beton ringan Srjono Puro akibat gaya aksial yang bekerja dapat di lihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Data-data gaya aksial dan *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Steps	Time [s]	Gaya Aksial (Force) [N]	Equivalent Stress (Max) [MPa]
1	0	0	
	0,2	40	1,90E-03
	0,4	80	3,79E-03
	0,6	120	5,69E-03
	0,8	160	7,58E-03
	1	200	9,48E-03
2	1,2	240	1,14E-02
	1,4	280	1,33E-02
	1,6	320	1,52E-02
	1,8	360	1,71E-02
	2	400	1,90E-02
3	2,2	440	2,08E-02
	2,4	480	2,27E-02
	2,6	520	2,46E-02
	2,8	560	2,65E-02
	3	600	2,84E-02
4	3,2	640	3,03E-02
	3,4	680	3,22E-02
	3,6	720	3,41E-02
	3,8	760	3,60E-02
	4	800	3,79E-02
5	4,2	840	3,98E-02
	4,4	880	4,17E-02
	4,6	920	4,36E-02
	4,8	960	4,55E-02
	5	1000	4,74E-02

Pada Gambar 4.36 dapat dilihat grafik hubungan antara gaya aksial dan *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro pada saat pengujian dengan beban sebesar 1000 N.

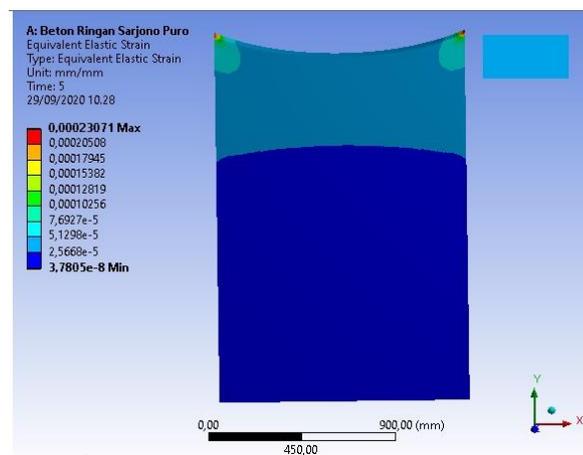


Gambar 4.36: Grafik hubungan antara gaya aksial dan *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Pada Gambar 4.36 dapat di lihat hubungan antara gaya aksial dan *stress* berbanding lurus, artinya semakin besar gaya aksial yang bekerja maka semakin besar pula *stress* yang terjadi.

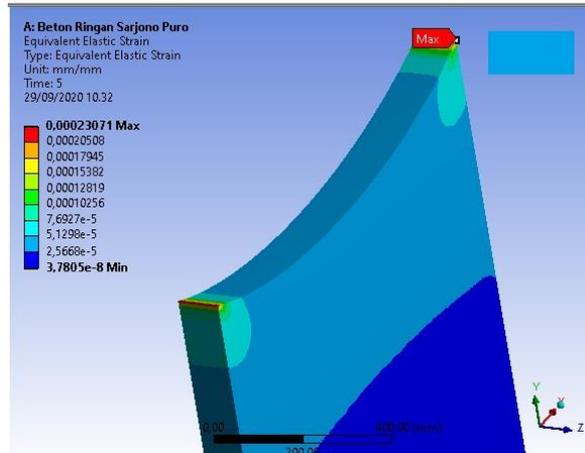
III. *Strain*

Strain yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial terjadi pada bagian geometri yang mengalami *stress*. *Strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial yang bekerja dapat di lihat pada Gambar 4.37.



Gambar 4.37: *Strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial.

Untuk *strain* maksimum yang terjadi akibat gaya aksial dapat di lihat pada animasi dan diagram kontur hasil simulasi pada Gambar 4.38.



Gambar 4.38: *Strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono puro akibat gaya aksial yang bekerja.

Strain maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono puro secara simulasi terjadi pada bagian ujung kanan sisi atas dinding yang bersinggungan dengan tumpuan. Menurut Habi Arbi, (2014) *strain* terjadi akibat adanya *stress* di bagian tersebut. *Strain* maksimum yang terjadi yaitu sebesar 0,00023 mm/mm pada saat gaya sebesar 1000 N.

Untuk data-data gaya dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Srjono Puro akibat gaya aksial yang bekerja dapat di lihat pada Tabel 4.15.

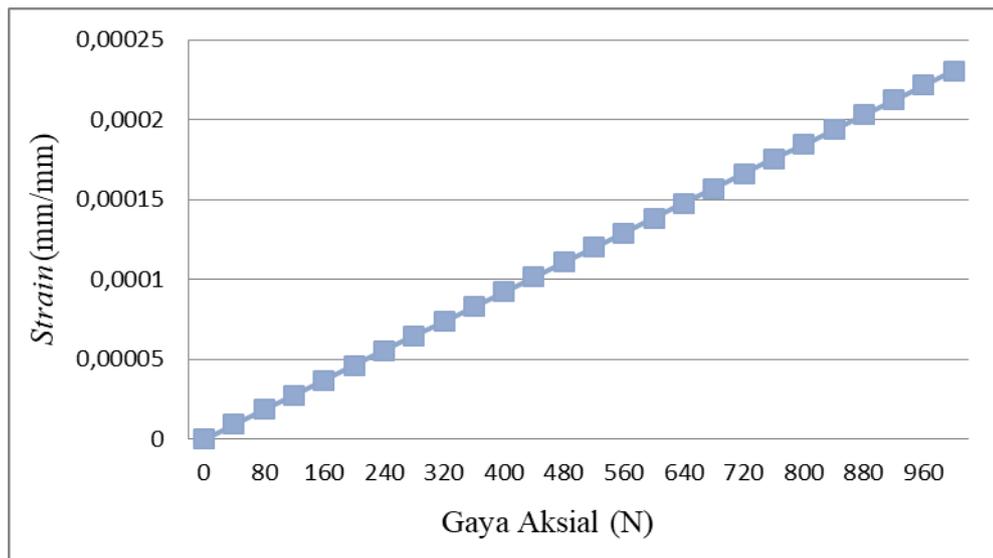
Tabel 4.15: Data-data gaya aksial dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Steps	Time [s]	[A] Beban aksial (Force) [N]	[C] Equivalent Elastic Strain (Max) Puro [mm/mm]
1	0	0	
	0,2	40	9,23E-06
	0,4	80	1,85E-05
	0,6	120	2,77E-05
	0,8	160	3,69E-05
	1	200	4,61E-05
2	1,2	240	5,54E-05
	1,4	280	6,46E-05

Tabel 4.15: (lanjutan).

Steps	Time [s]	[A] Beban aksial (Force) [N]	[C] Equivalent Elastic Strain (Max) Puro [mm/mm]
2	1,6	320	7,38E-05
	1,8	360	8,31E-05
	2	400	9,23E-05
3	2,2	440	1,02E-04
	2,4	480	1,11E-04
	2,6	520	1,20E-04
	2,8	560	1,29E-04
	3	600	1,38E-04
4	3,2	640	1,48E-04
	3,4	680	1,57E-04
	3,6	720	1,66E-04
	3,8	760	1,75E-04
	4	800	1,85E-04
5	4,2	840	1,94E-04
	4,4	880	2,03E-04
	4,6	920	2,12E-04
	4,8	960	2,21E-04
	5	1000	2,31E-04

Pada Gambar 4.39 dapat di lihat grafik hubungan antara gaya aksial dan *strain*.

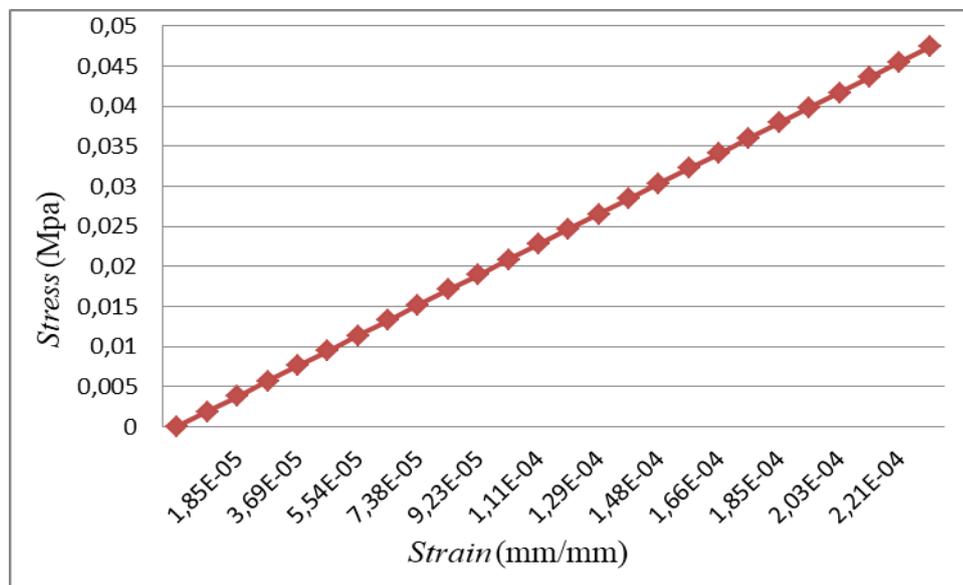


Gambar 4.39: Hubungan antara gaya aksial dan strain pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Dapat di lihat pada Gambar 4.39 bahwa hubungan antara gaya aksial dan *strain* berbanding lurus, artinya semakin besar gaya yang bekerja maka semakin besar pula *strain* yang terjadi. Besarnya *stress* yang terjadi pada dinding tersebut juga mempengaruhi *strain*.

IV. Hubungan antara *stress* dan *strain*

Hubungan antara *stress* dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan arjono Puro akibat gaya aksial yang bekerja dapat di lihat pada Gambar 4.40.



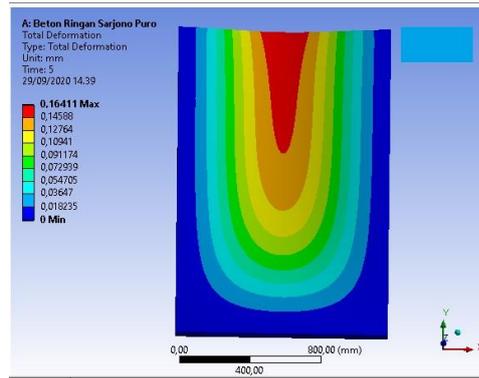
Gambar 4.40: Hubungan antara gaya aksial dan strain pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Pada Gambar 4.40 dapat di lihat bahwa hubungan antara *stress* dan *strain* berbanding lurus, artinya semakin besar *stress* yang terjadi maka semakin besar pula *strain*-nya.

4.2.2.2 Hasil pengujian terhadap gaya lateral

I. Deformasi

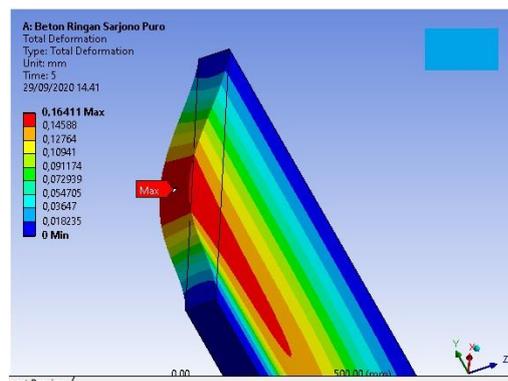
Deformasi adalah yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral adalah pada bagian tengah bentang dari dinding yang jauh dari tumpuan. Untuk deformasinya dapat di lihat pada animasi geometrid an diagram kontur Gambar 4.41.



Gambar 4.41: Deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan arjono Puro akibat gaya lateral.

Dari hasil simulasi dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral mengalami deformasi pada bagian geometrinya. Hal ini di sebabkan oleh gaya lateral yang bekerja secara merata dan mendorong sisi dinding tersebut. Gaya dorong tersebutlah yang menyebabkan dinding beton ringan Sarjono Puro berdeformasi.

Untuk animasi dan diagram kontur deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral dapat di lihat pada Gambar 4.42.



Gambar 4.42: Deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral.

Deformasi maksimum akibat gaya lateral yang mendorong dinding beton ringan Sarjono Puro terjadi pada bagian tengah dinding bagian atas. Hal ini terjadi karena pada saat gaya lateral bekerja pada dinding tersebut maka bagian tengah

dinding terjadi dislokasi yang paling besar karena lokasi tersebut adalah lokasi yang paling jauh dari tumpuan.

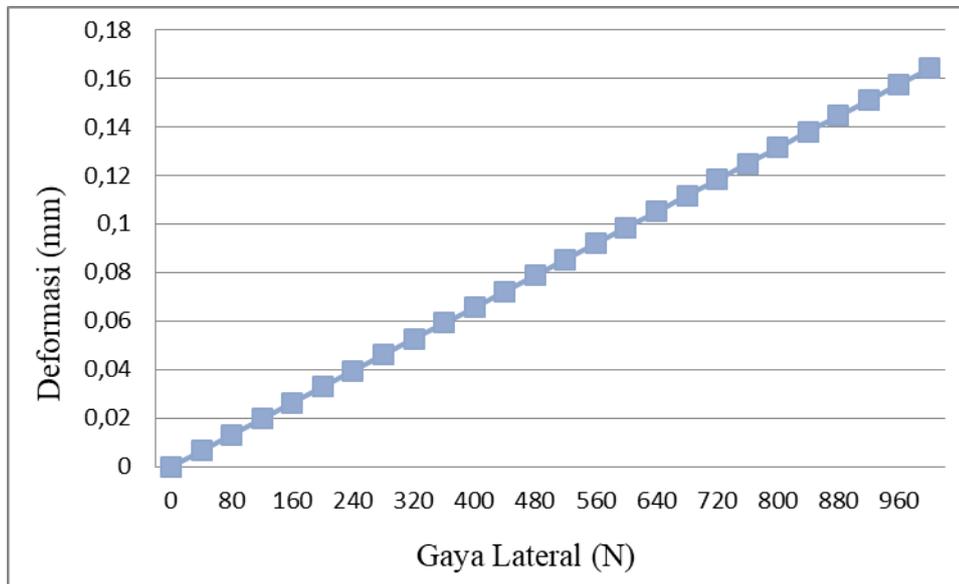
Pada gambar di atas dapat di lihat bahwa deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro terjadi pada bagian sisi atas dinding yang paling jauh dari tumpuan. Deformasi maksimum yang terjadi yaitu sebesar 0,16 mm pada saat gaya sebesar 1000 N.

Pada Tabel 4.16 dapat di lihat data-data gaya lateral dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Tabel 4.16: Data-data gaya lateral dan deformasi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Steps	Time [s]	Beban Lateral (Force) [N]	Total Deformation (Max) [mm]
1	0	0	
	0,2	40	6,56E-03
	0,4	80	1,31E-02
	0,6	120	1,97E-02
	0,8	160	2,63E-02
	1	200	3,28E-02
2	1,2	240	3,94E-02
	1,4	280	4,60E-02
	1,6	320	5,25E-02
	1,8	360	5,91E-02
	2	400	6,56E-02
3	2,2	440	7,22E-02
	2,4	480	7,88E-02
	2,6	520	8,53E-02
	2,8	560	9,19E-02
	3	600	9,85E-02
4	3,2	640	0,10503
	3,4	680	0,1116
	3,6	720	0,11816
	3,8	760	0,12473
	4	800	0,13129
5	4,2	840	0,13786
	4,4	880	0,14442
	4,6	920	0,15098
	4,8	960	0,15755
	5	1000	0,16411

Untuk hubungan antara gaya lateral dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro dapat di lihat pada Gambar 4.43.



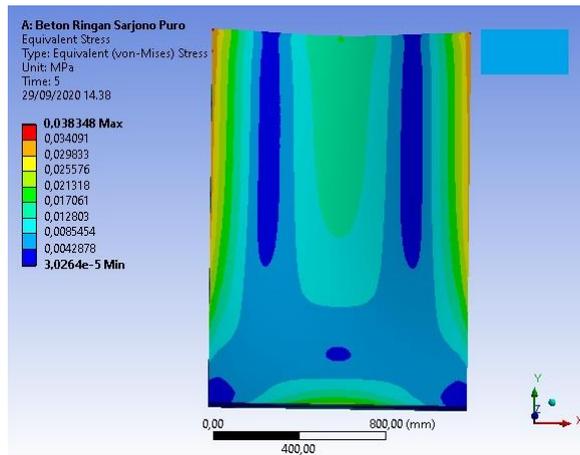
Gambar 4.43: Grafik hubungan antara gaya lateral dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro secara simulasi.

Pada gambar 4.43 dapat dilihat bahwa hubungan antara gaya lateral dan deformasi yang terjadi pada dinding beton Sarjono Puro berbanding lurus, artinya semakin besar gaya yang bekerja maka semakin besar pula deformasi yang terjadi.

II. *Stress*

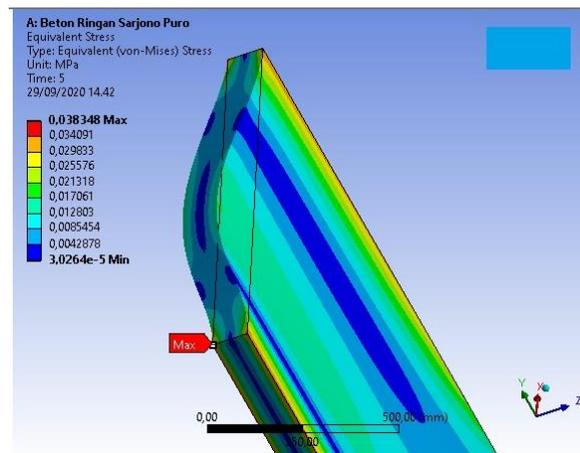
Secara simulasi dinding beton ringan Sarjono Puro yang di kenai gaya lateral mengalami *stress* pada bagian tumpuan. *Stress* terjadi karena adanya gaya lateral yang bekerja pada dinding tersebut sedangkan dinding tersebut di tumpu jepit pada bagian kanan, kiri dan bawah, maka secara otomatis bagian tumpuan tersebut melawan gaya lateral yang bekerja dan mengakibatkan *stress* pada bagian-bagian tertentu. *Stress* tersebut menyebabkan berkurangnya kekuatan ketahanan dinding pada situasi tersebut.

Stress yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral dapat di lihat di animasi dan diagram kontur yang dibedakan atas warna dan perubahan bentuk geometri pada Gambar 4.44.



Gambar 4.44: *Stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral secara simulasi.

Pada Gambar 4.45 dapat di lihat *stress* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral yang bekerja.



Gambar 4.45: *Stress* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral secara simulasi.

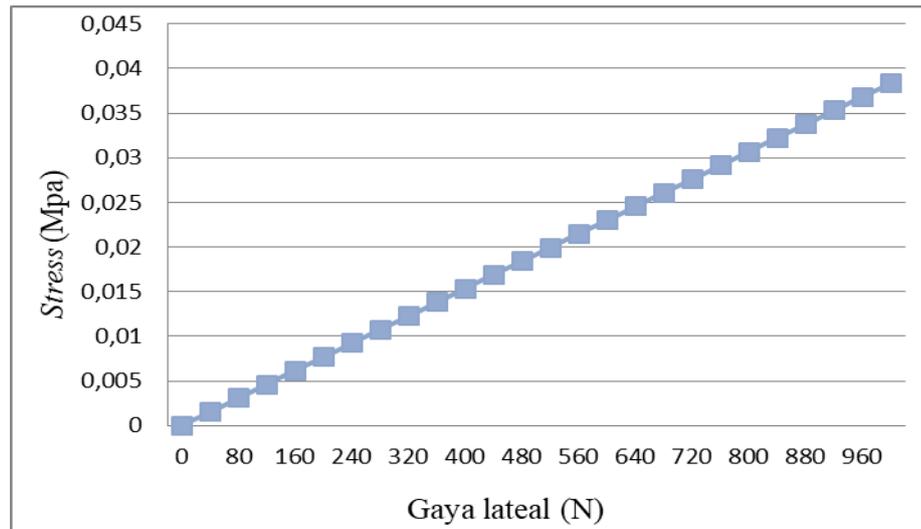
Pada gambar di atas dapat di lihat animasi dan diagram kontur dari hasil simulasi *stress* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro yaitu pada bagian ujung atas dan bawah bagian tumpuan. Hal ini terjadi karena pada saat gaya lateral bekerja maka bagan tumpuan tersebutlah yang paling besar melawan gaya lateral yang bekerja. *Stress* maksimum yang terjadi yaitu sebesar 0,038 Mpa pada saat gaya 1000 N.

Untuk data-data gaya lateral dan *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro dapat di lihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Data-data gaya lateral dan stress yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Steps	Time [s]	[A] Beban Lateral (Force) [N]	[C] Equivalent Stress (Max) [MPa]
1	0	0	
	0,2	40	1,53E-03
	0,4	80	3,07E-03
	0,6	120	4,60E-03
	0,8	160	6,14E-03
	1	200	7,67E-03
2	1,2	240	9,20E-03
	1,4	280	1,07E-02
	1,6	320	1,23E-02
	1,8	360	1,38E-02
	2	400	1,53E-02
3	2,2	440	1,69E-02
	2,4	480	1,84E-02
	2,6	520	1,99E-02
	2,8	560	2,15E-02
	3	600	2,30E-02
4	3,2	640	2,45E-02
	3,4	680	2,61E-02
	3,6	720	2,76E-02
	3,8	760	2,91E-02
	4	800	3,07E-02
5	4,2	840	3,22E-02
	4,4	880	3,37E-02
	4,6	920	3,53E-02
	4,8	960	3,68E-02
	5	1000	3,83E-02

Untuk grafik hubungan antara gaya lateral dan *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro dapat di lihat pada Gambar 4.46.



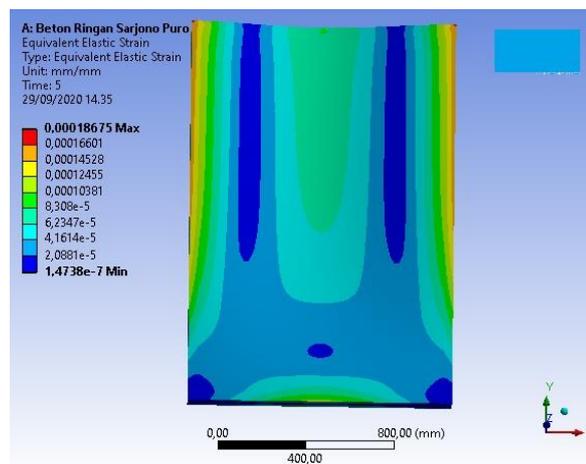
Gambar 4.46: Grafik hubungan antara gaya lateral dan stress yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Pada Gambar 4.46 dapat dilihat hubungan antara beban lateral dan *stress* berbanding lurus yang berarti semakin besar beban yang bekerja maka semakin besar pula *stress* yang terjadi.

III. *Strain*

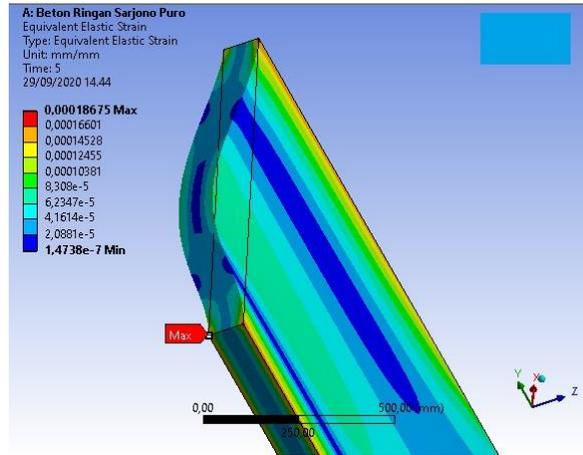
Pada simulasi dinding beton ringan Sarjono Puro yang dikenai gaya lateral terjadi *strain* pada bagian geometri yang mengalami *stress*.

Strain yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral dapat di lihat pada Gambar 4.47.



Gambar 4.47: *Strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral.

Untuk *strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono puro dapat di lihat pada animasi dan diagram kontur pada Gambar 4.48 di bawah ini.



Gambar 4.48: *Strain* yang terjadi pada dinding beton ringan sarjono Puro akibat gaya lateral.

Pada gambar di atas dapat dilihat *strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral terjadi pada bagian tumpuan yang mengalami *stress*. Menurut Habi Arbi, (2014) beton yang mengalami *stress* akan menyebabkan *strain*. *Strain* maksimum yang terjadi yaitu sebesar 0,00018 mm/mm pada saat gaya 1000 N.

Untuk data-data gaya lateral dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro dapat di lihat pada Tabel 4.18.

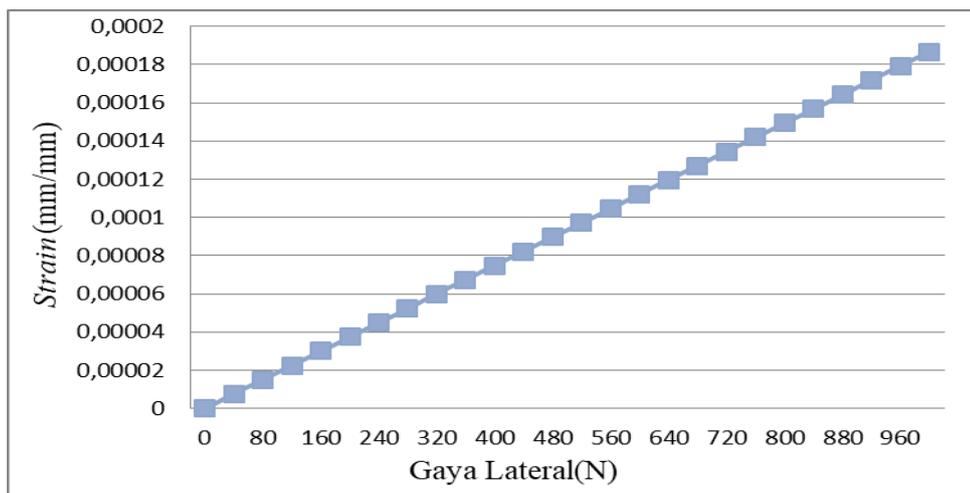
Tabel 4.18: Hubungan antara beban dan strain pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Steps	Time [s]	[A] Beban Lateral (Force) [N]	Equivalent Elastic Strain (Max) Puro [mm/mm]
1	0	0	
	0,2	40	7,47E-06
	0,4	80	1,49E-05
	0,6	120	2,24E-05
	0,8	160	2,99E-05
	1	200	3,73E-05
2	1,2	240	4,48E-05
	1,4	280	5,23E-05

Tabel 4.18: (lanjutan).

Steps	Time [s]	[A] Beban Lateral (Force) [N]	Equivalent Elastic Strain (Max) Puro [mm/mm]
2	1,6	320	5,98E-05
	1,8	360	6,72E-05
	2	400	7,47E-05
3	2,2	440	8,22E-05
	2,4	480	8,96E-05
	2,6	520	9,71E-05
	2,8	560	1,05E-04
	3	600	1,12E-04
4	3,2	640	1,20E-04
	3,4	680	1,27E-04
	3,6	720	1,34E-04
	3,8	760	1,42E-04
	4	800	1,49E-04
5	4,2	840	1,57E-04
	4,4	880	1,64E-04
	4,6	920	1,72E-04
	4,8	960	1,79E-04
	5	1000	1,87E-04

Untuk grafik hubungan antar gaya lateral dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro dapat di lihat pada Gambar 4.49.

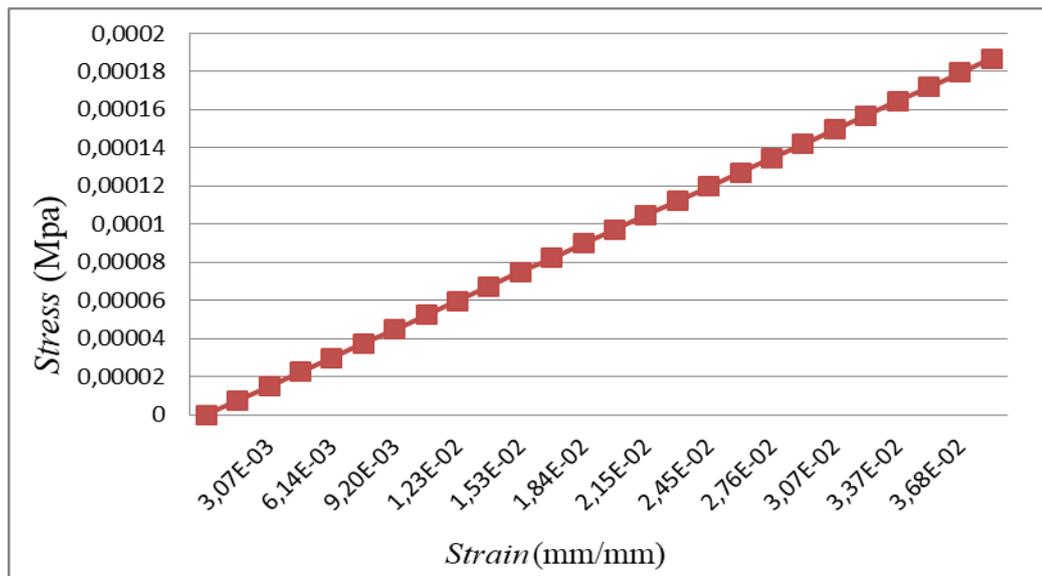


Gambar 4.49: Grafik hubungan antar gaya lateral dan strain yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Pada Gambar 4.49 dapat dilihat bahwa hubungan antara gaya lateral dan *strain* berbanding lurus, yang berarti semakin besar gaya yang bekerja maka semakin besar pula *strain* yang terjadi.

IV. Hubungan antara *stress* dan *strain*

Untuk grafik hubungan antar *stress* dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral dapat dilihat pada Gambar 4.50.



Gambar 4.50: Grafik hubungan antara stress dan strain yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral.

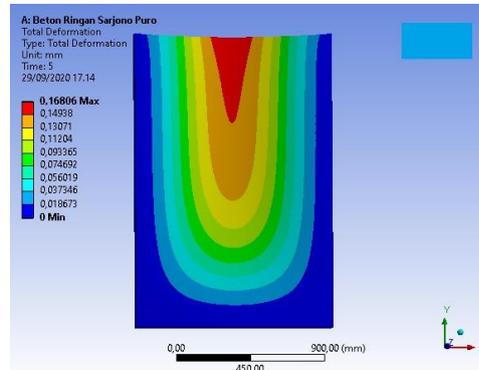
Pada Gambar 4.50 dapat dilihat hubungan antara *stress* dan *strain* berbanding lurus. Hal ini terjadi karena menurut Souisa, (2011) hubungan antara tegangan dan regangan mengikuti hukum Hooke untuk elastisitas, dalam batas (limit) elastik suatu benda, dan hal ini menunjukkan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan.

4.2.2.3 Hasil pengujian terhadap gaya aksial dan lateral

I. Deformasi

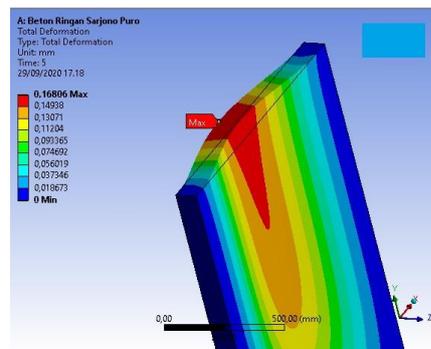
Secara simulasi deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral terjadi pada bagian tengah geometri dinding. Hal tersebut terjadi karena gaya yang bekerja adalah beban merata sedangkan dinding di tumpu jepit-jepit pada bagian kanan, kiri dan bawah.

Deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral secara simulasi dapat di lihat pada animasi dan diagram kontur pada Gambar 4.51.



Gambar 4.51: Deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono puro akibat gaya aksial dan lateral.

Untuk deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral dapat di lihat pada gambar 4.52.



Gambar 4.52: Deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral.

Dinding tersebut mengalami deformasi searah aksial dan lateral. Namun pada animasi geometri lebih diperlihatkan deformasi lateral. Hal ini terjadi karena deformasi aksial adalah searah sumbu kuat sedangkan deformasi lateral searah sumbu lemah, maka deformasi lateral lebih besar dibandingkan dengan deformasi lateral.

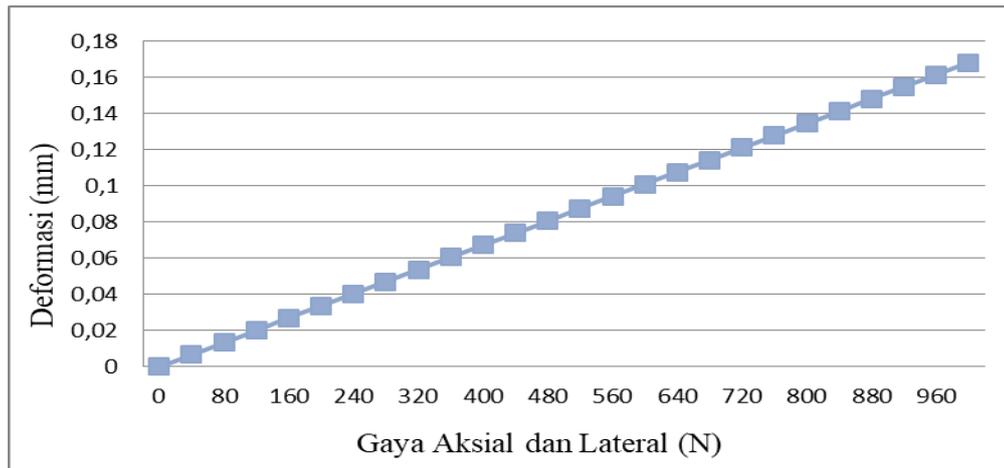
Pada gambar di atas dapat di lihat baeha deformasi maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral terjadi pada tengah bagian atas dinding yaitu sebesar 0,17 mm pada saat gaya 1000 N.

Untuk data-data gaya dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro dapat di lihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Data-data gaya dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Steps	Time [s]	Beban aksial (Force) [N]	Beban Lateral (Force) [N]	Total Deformation (Max) [mm]
1	0	0	0	
	0,2	40	40	6,72E-03
	0,4	80	80	1,34E-02
	0,6	120	120	2,02E-02
	0,8	160	160	2,69E-02
	1	200	200	3,36E-02
2	1,2	240	240	4,03E-02
	1,4	280	280	4,71E-02
	1,6	320	320	5,38E-02
	1,8	360	360	6,05E-02
	2	400	400	6,72E-02
3	2,2	440	440	7,39E-02
	2,4	480	480	8,07E-02
	2,6	520	520	8,74E-02
	2,8	560	560	9,41E-02
	3	600	600	0,10083
4	3,2	640	640	0,10756
	3,4	680	680	0,11428
	3,6	720	720	0,121
	3,8	760	760	0,12772
	4	800	800	0,13445
5	4,2	840	840	0,14117
	4,4	880	880	0,14789
	4,6	920	920	0,15461
	4,8	960	960	0,16133
	5	1000	1000	0,16806

Pada Gambar 4.53 dapat di lihat grafik hubungan antar gaya dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.



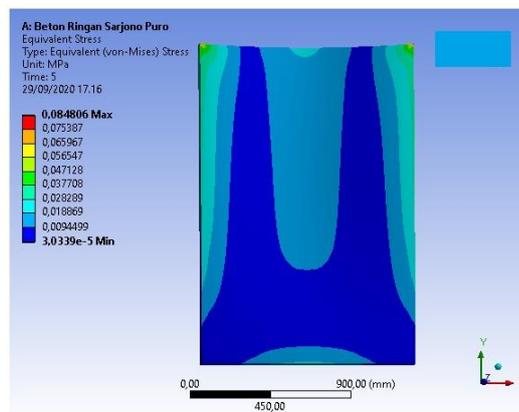
Gambar 4.53: Grafik hubungan antara gaya dan deformasi yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Dapat dilihat pada Gambar 4.53 bahwa beban dan deformasi bebanding lurus yang berarti semakin besar beban yang dikenai pada dinding tersebut maka semakin besar pula deformasi yang terjadi.

II. *Stress*

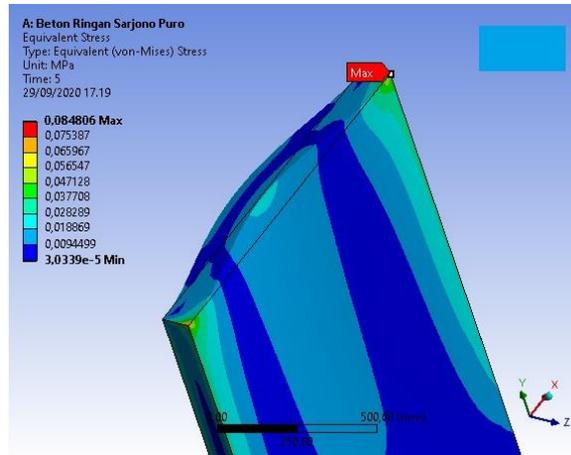
Secara simulasi dinding beton ringan Sarjono Puro yang dikenai gaya maka terjadi *stress*. Karena gaya yang diberikan adalah gaya dorong maka *stress* yang terjadi adalah *stress* tekan. Saat gaya aksial dan lateral bekerja secara merata maka seluruh bahan mengalami tegangan (*stress*) (Souisa, 2011).

Stress yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral dapat di lihat pada animasi dan diagram kontur Gambar 4.54.



Gambar 4.54: *Stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral.

Untuk *stress* maksimum pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral dapat di lihat pada Gambar 4.55.



Gambar 4.55: *Stress* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral.

Pada gambar di atas dapat di lihat *stress* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral secara simulasi terjadi pada bagian ujung dinding bagian yang berpotongan dengan tumpuan. hal ini terjadi karena jika sebuah bahan dikenai gaya maka *stress* maksimum akan terjadi pada bagian pegangan (Mulyadi, 2011). *Stress* maksimum yang terjadi yaitu sebesar 0,084 Mpa pada saat gaya masing-masing sebesar 1000 N.

Untuk data-data gaya dan *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro dapat di lihat pada Tabel 4.20.

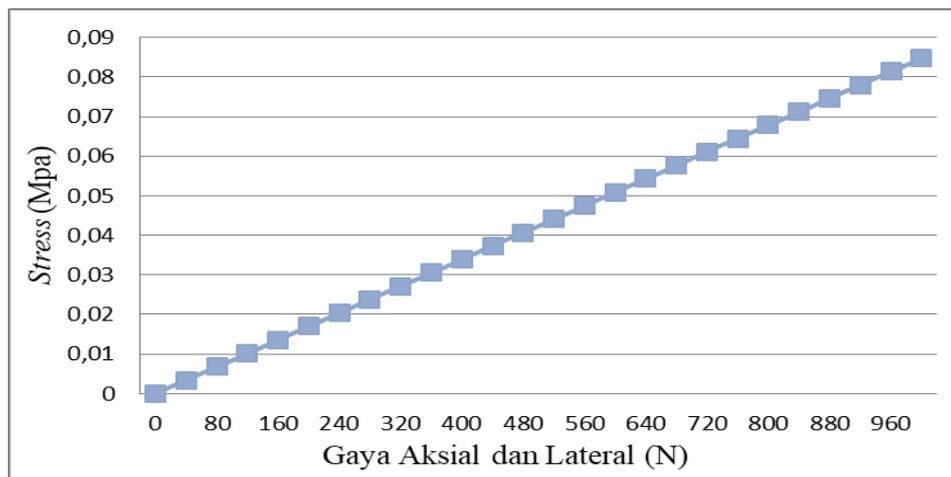
Tabel 4.20: Data-data gaya dan stress yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral.

Steps	Time [s]	[A] Beban aksial (Force) [N]	[B] Beban Lateral (Force) [N]	Equivalent Stress (Max) Puro [MPa]
1	0	0	0	
	0,2	40	40	3,39E-03
	0,4	80	80	6,78E-03
	0,6	120	120	1,02E-02
	0,8	160	160	1,36E-02
	1	200	200	1,70E-02
2	1,2	240	240	2,04E-02

Tabel 4.20: (lanjutan).

Steps	Time [s]	[A] Beban aksial (Force) [N]	[B] Beban Lateral (Force) [N]	Equivalent Stress (Max) Puro [MPa]
2	1,4	280	280	2,37E-02
	1,6	320	320	2,71E-02
	1,8	360	360	3,05E-02
	2	400	400	3,39E-02
3	2,2	440	440	3,73E-02
	2,4	480	480	4,07E-02
	2,6	520	520	4,41E-02
	2,8	560	560	4,75E-02
	3	600	600	5,09E-02
4	3,2	640	640	5,43E-02
	3,4	680	680	5,77E-02
	3,6	720	720	6,11E-02
	3,8	760	760	6,45E-02
	4	800	800	6,78E-02
5	4,2	840	840	7,12E-02
	4,4	880	880	7,46E-02
	4,6	920	920	7,80E-02
	4,8	960	960	8,14E-02
	5	1000	1000	8,48E-02

Grafik hubungan antara gaya dan *stress* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro dapat di lihat pada Gambar 4.56.



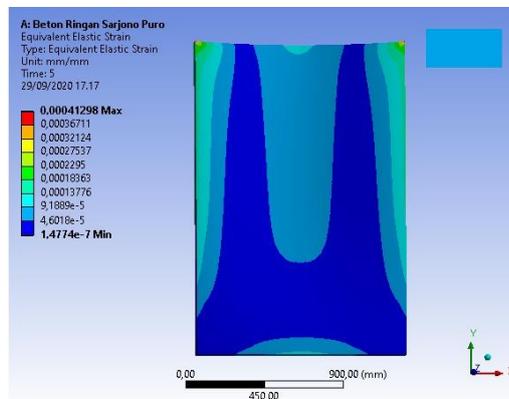
Gambar 4.56: Grafik hubungan antara gaya dan stress yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Pada Gambar 4.56 dapat dilihat bahwa hubungan antara beban dan *stress* berbanding lurus yang berarti semakin besar beban yang bekerja maka semakin besar pula *stress* yang terjadi.

III. *Strain*

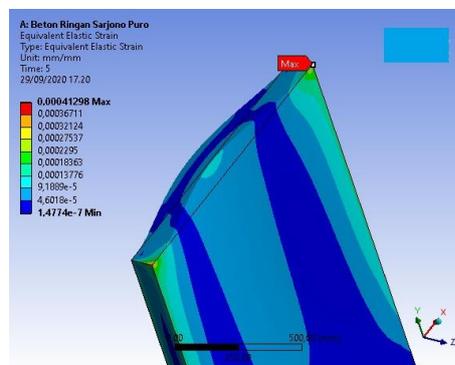
Strain atau regangan terjadi akibat adanya *stress*. *Strain* terjadi akibat adanya perubahan panjang dimensi. Secara simulasi dinding beton ringan Sarjono Puro yang dikenai gaya aksial dan lateral mengalami *strain*.

Strain yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral dapat di lihat pada Gambar 4.57.



Gambar 4.57: *Strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral.

Untuk *strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral dapat di lihat pada Gambar 4.58.



Gambar 4.58: *Strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral.

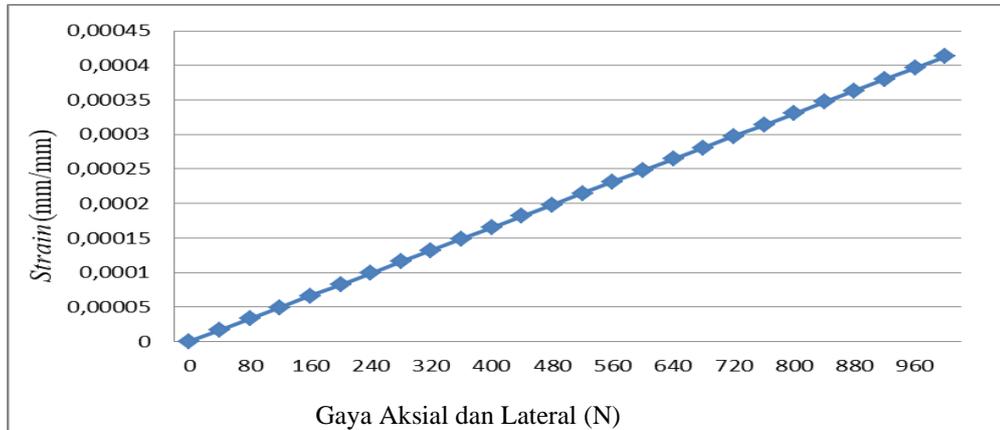
Pada gambar di atas dapat di lihat bahwa *strain* maksimum yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral terjadi pada bagian ujung kanan sisi atas dinding yang berpotongan dengan tumpuan. Hal ini terjadi karena pada bagian tersebut yang paling besar mengalami *stress* sehingga perubahan dimensi juga semakin membesar. *Strain* maksimum yang terjadi yaitu sebesar 0,00041 mm/mm pada saat gaya masing-masing 1000N.

Untuk data-data gaya dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro dapat di lihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21: Data-data gaya dan strain yang terjadi pada dinding beton Sarjono Puro.

Steps	Time [s]	[A] Beban aksial (Force) [N]	[B] Beban Lateral (Force) [N]	[D] Equivalent Elastic Strain (Max) [mm/mm]
1	0	0	0	
	0,2	40	40	1,65E-05
	0,4	80	80	3,30E-05
	0,6	120	120	4,96E-05
	0,8	160	160	6,61E-05
	1	200	200	8,26E-05
2	1,2	240	240	9,91E-05
	1,4	280	280	1,16E-04
	1,6	320	320	1,32E-04
	1,8	360	360	1,49E-04
	2	400	400	1,65E-04
3	2,2	440	440	1,82E-04
	2,4	480	480	1,98E-04
	2,6	520	520	2,15E-04
	2,8	560	560	2,31E-04
	3	600	600	2,48E-04
4	3,2	640	640	2,64E-04
	3,4	680	680	2,81E-04
	3,6	720	720	2,97E-04
	3,8	760	760	3,14E-04
	4	800	800	3,30E-04
5	4,2	840	840	3,47E-04
	4,4	880	880	3,63E-04
	4,6	920	920	3,80E-04
	4,8	960	960	3,96E-04
	5	1000	1000	4,13E-04

Pada Gambar 4.59 dapat di lihat grafik hubungan antara gaya dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

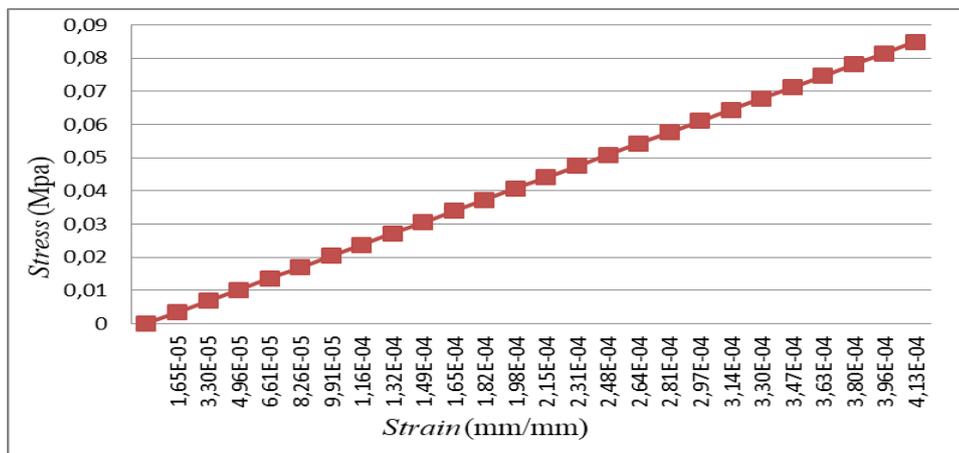


Gambar 4.59: Grafik hubungan antara gaya (aksial dan lateral) dan strain yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro.

Pada Gambar 4.59 dapat dilihat bahwa hubungan antara beban dan *strain* berbanding lurus yang berarti semakin besar beban yang bekerja maka semakin besar pula *strain* yang terjadi.

IV. Hubungan antara *stress* dan *strain*

Untuk hubungan antara *stress* dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral dapat di lihat pada Gambar 4.60.



Gambar 4.60: Grafik hubungan antara *stress* dan *strain* yang terjadi pada dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral.

Pada Gambar 4.60 dapat dilihat bahwa hubungan antara stress dan strain berbanding lurus yang berarti semakin besar stress yang terjadi maka semakin besar pula strain yang terjadi. Menurut Souisa, (2011) hubungan antara tegangan dan regangan mengikuti hukum Hooke untuk elastisitas, dalam batas (limit) elastik suatu benda, dan hal ini menunjukkan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan.

4.3 Penyajian data hasil pengujian

4.3.1 Penyajian perbandingan hasil simulasi

Tabel 4.22: Penyajian data hasil pengujian dinding beton ringan secara simulasi.

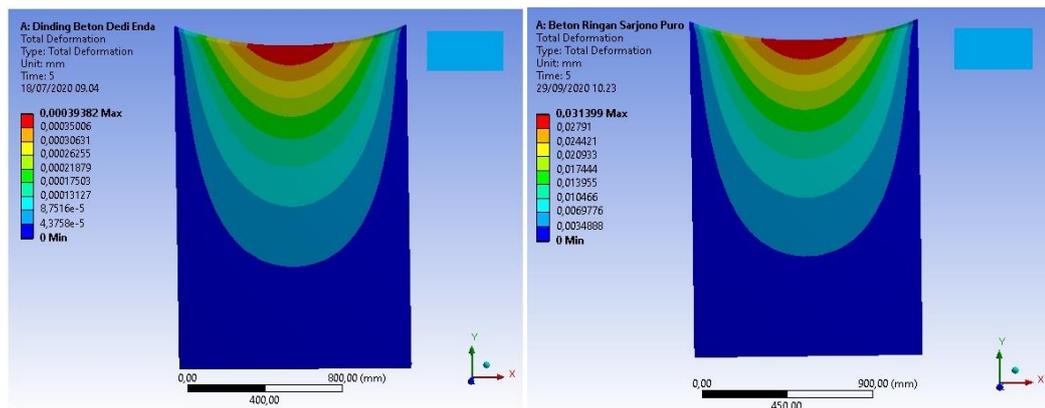
No	Pengujian	Material <i>Plain wall foam concrete</i>		Perbandingan	Satuan
		Beton Ringan Dedi Enda dkk	Beton Ringan Sarjono Puro		
1	Lateral maximum <i>deformation</i>	2,06E-03	1,64E-01	-1,62E-01	mm
2	Aksial maksimum <i>deformation</i>	3,94E-04	3,14E-02	-3,10E-02	mm
3	Aksial dan lateral maksimum <i>deformastion</i>	2,11E-03	1,68E-01	-1,66E-01	mm
4	Lateral maksimum <i>stress</i>	3,83E-02	3,83E-02	0,00E+00	Mpa
5	Aksial maksimum <i>stress</i>	4,74E-02	4,74E-02	0,00E+00	Mpa
6	Aksial dan lateral maksimum <i>stress</i>	8,48E-02	8,48E-02	0,00E+00	Mpa
7	Lateral maksimum <i>strain</i>	2,34E-06	1,87E-04	-1,84E-04	mm/mm
8	Aksial maksimum <i>strain</i>	2,89E-06	2,31E-04	-2,28E-04	mm/mm
9	Aksial dan lateral maksimum <i>Strain</i>	5,18E-06	4,13E-04	-4,08E-04	mm/mm

4.3.2 Hasil perbandingan secara simulasi

4.3.2.1 Deformasi

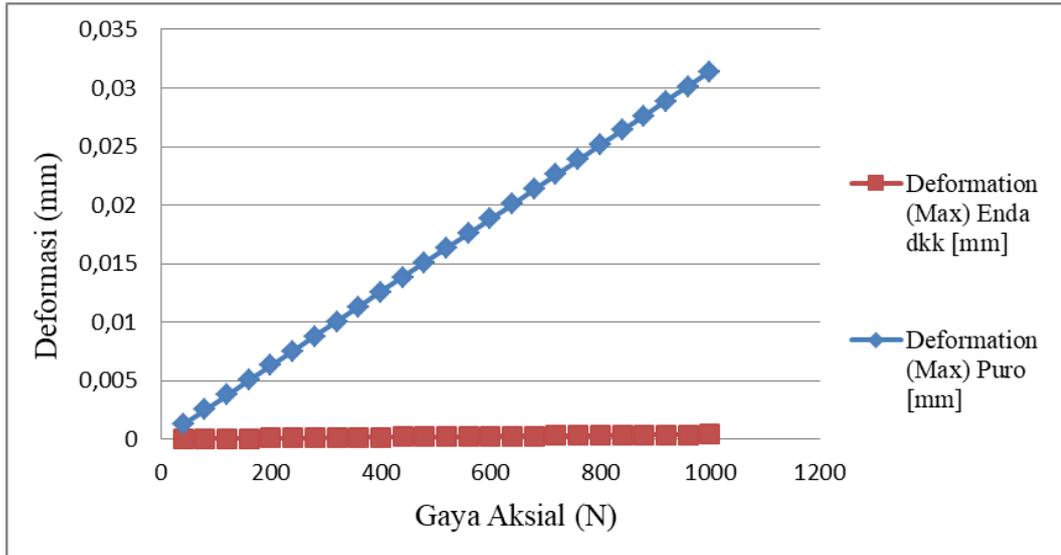
4.3.2.1.1 Perbandingan deformasi akibat gaya aksial

Perbandingan deformasi akibat gaya aksial pada dinding beton ringan Enda dkk dan Sarjono Puro dapat dilihat pada Gambar 4.61.



Gambar 4.61: Perbandingan deformasi antara dinding beton ringan Enda dkk dan Sarjono Puro.

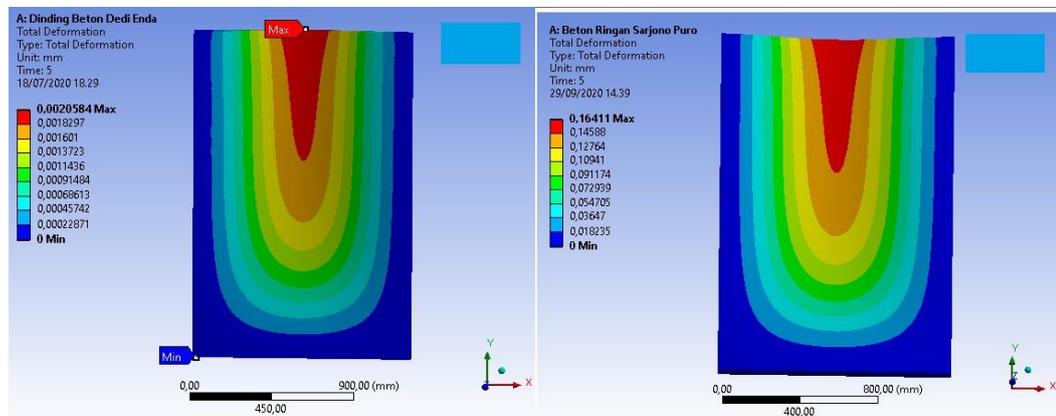
Dinding beton ringan Enda dkk lebih kuat dalam menahan deformasi akibat beban aksial. Besar perbandingan deformasi antara kedua dinding tersebut adalah sebesar 0,031 mm. Hal ini terjadi karena material penyusun dinding beton ringan Enda dkk yang menggunakan *Styrofoam* dengan *coating*. Dan *coating* tersebut yaitu 85% semen + 15% *fly ash* sedangkan semen yang digunakan adalah semen *portland* tipe 1 yang mempunyai daya ikat dan meningkatkan kekuatan. Sedangkan pada material penyusun dinding beton ringan Sarjono puro meliputi abu sekam padi dan *fly ash*. Abu sekam padi dan *fly ash* hanya mempunyai sifat untuk mengikat karena memiliki kandungan silica pada kedua material tersebut tetapi tidak dapat meningkatkan kekuatan. Untuk grafik perbandingan deformasi akibat gaya aksial dapat dilihat pada Gambar 4.62.



Gambar 4.62: Grafik perbandingan deformasi akibat gaya aksial.

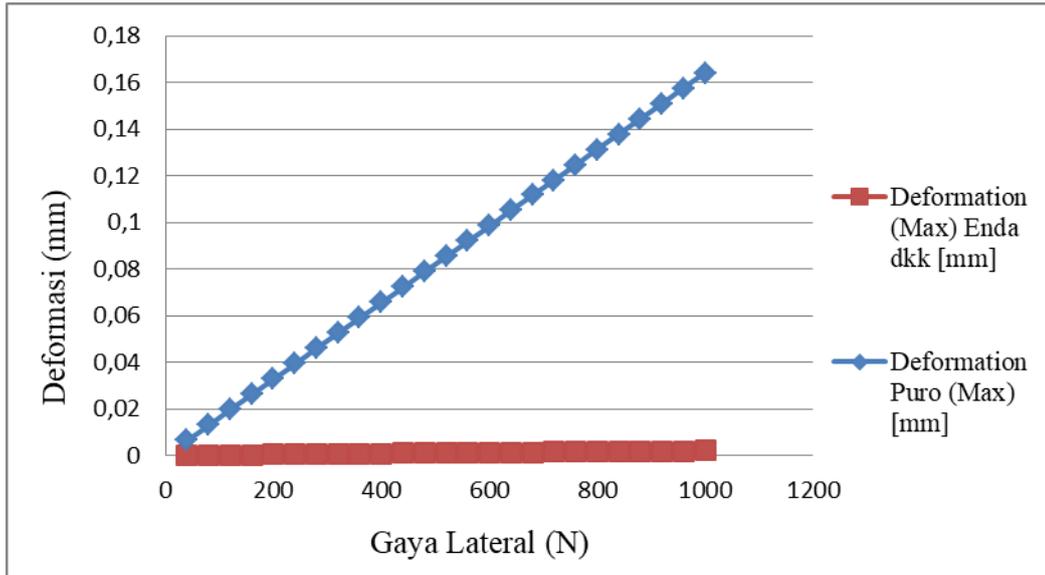
4.3.2.1.2 Perbandingan deformasi akibat gaya lateral

Hasil perbandingan deformasi yang terjadi akibat beban lateral antara dinding beton ringan Enda dkk dan Sarjono Puro dapat dilihat pada Gambar 4.63.



Gambar 4.63: Perbandingan deformasi akibat gaya lateral antara dinding beton ringan Enda dkk dan Sarjono Puro.

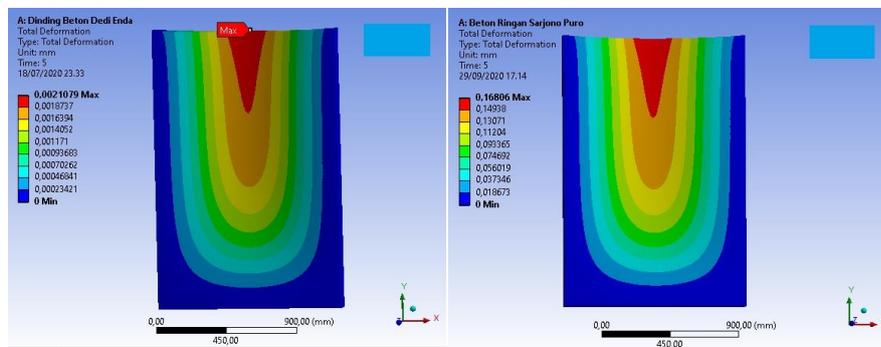
Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa dinding beton ringan Enda dkk lebih kuat dibandingkan dinding beton ringan Sarjono Puro. Besar perbandingan deformasi antara kedua dinding tersebut adalah sebesar 0,16 mm. Untuk grafik perbandingan deformasi akibat gaya lateral dapat dilihat pada Gambar 4.64.



Gambar 4.64: Grafik perbandingan deformasi akibat gaya lateral.

4.3.2.1.3 Perbandingan deformasi akibat gaya aksial dan lateral

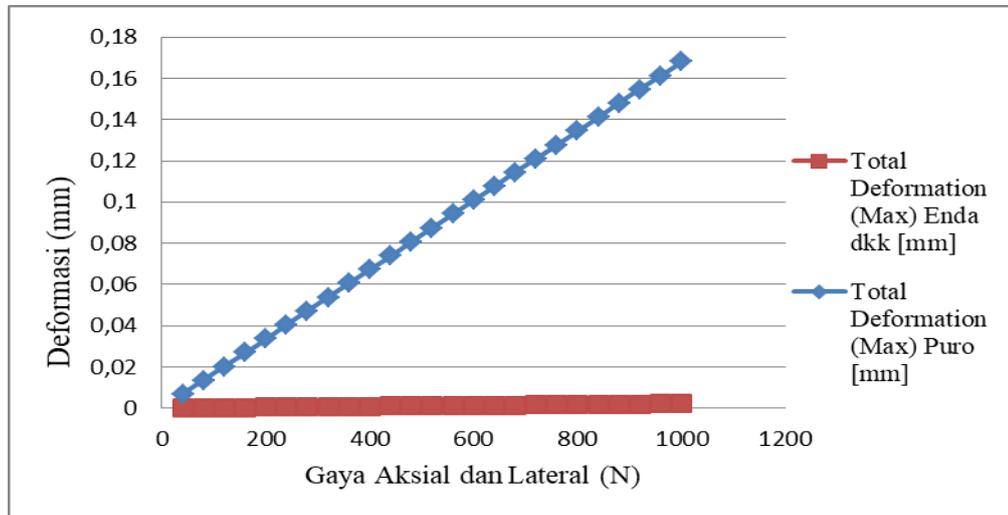
Hasil perbandingan deformasi antara dinding beton ringan Enda dkk dan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral dapat dilihat pada Gambar 4.65.



Gambar 4.65: Perbandingan deformasi antara dinding beton ringan Enda dkk dan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral.

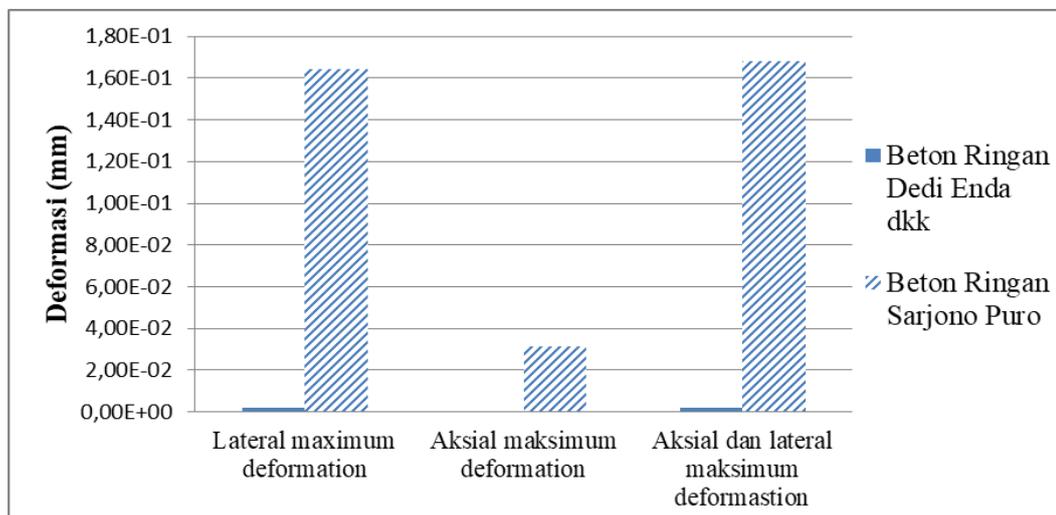
Secara simulasi dinding beton ringan Enda dkk lebih kuat dalam menahan deformasi akibat beban aksial dan lateral dibandingkan dengan dinding beton ringan Sarjono Puro. Dapat disimpulkan bahwa material penyusun dinding beton ringan Enda dkk lebih baik dibandingkan dengan material penyusun dinding beton ringan Sarjono Puro. Besar perbandingan antara kedua dinding beton ringan

tersebut adalah sebesar 0,16 mm. Untuk grafik perbandingan deformasi akibat gaya aksial dan lateral dapat dilihat pada Gambar 4.66.



Gambar 4.66: Grafik perbandingan deformasi akibat gaya aksial dan lateral.

Perbandingan deformasi yang terjadi antara dinding beton ringan Enda dkk dan Sarjono Puro dapat dilihat pada Gambar 4.67.



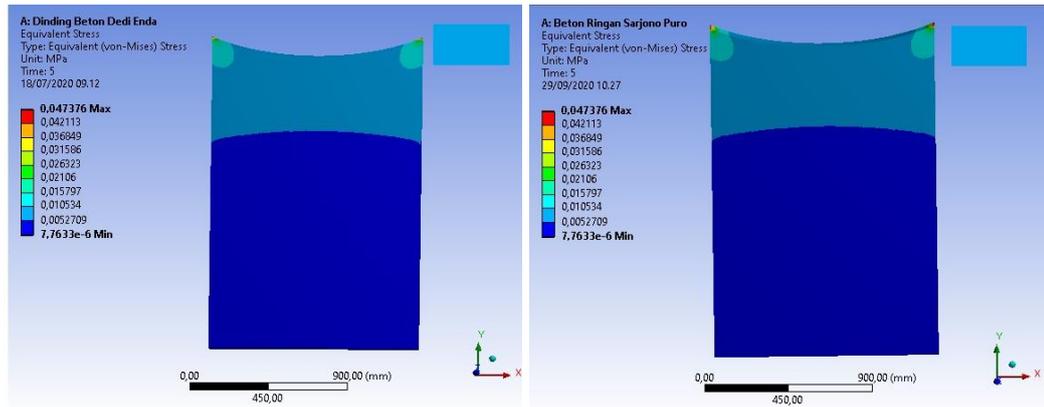
Gambar 4.67: Diagram batang hasil simulasi perbandingan deformasi antara beton ringan Enda dkk dan beton ringan Sarjono Puro.

Pada Gambar 4.61 dapat dilihat bahwa dinding beton ringan Sarjono Puro lebih kuat dibandingkan dengan dinding beton ringan Enda dkk dalam menahan deformasi.

4.3.2.2 Stress

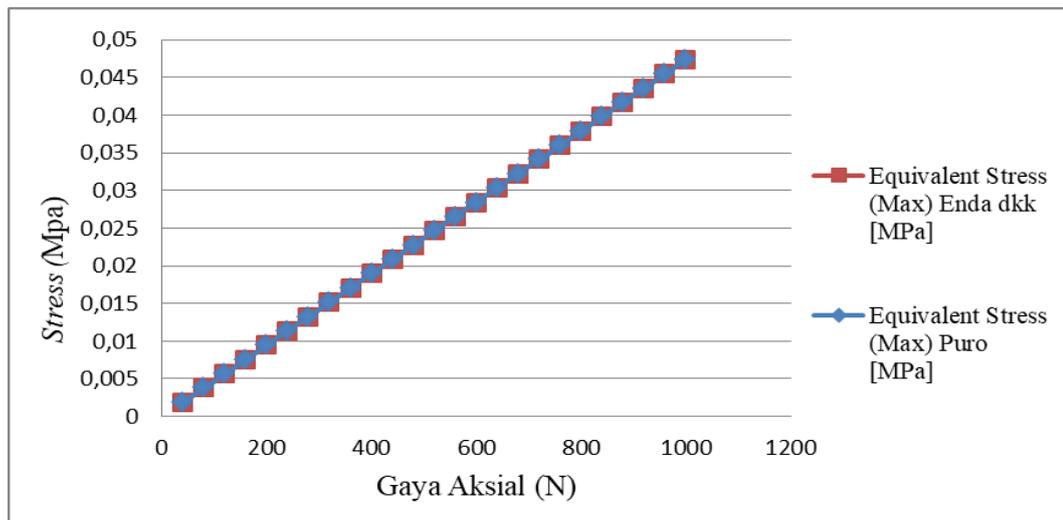
4.3.2.2.1 Perbandingan *stress* akibat gaya aksial

Hasil perbandingan *stress* antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dapat dilihat pada Gambar 4.68.



Gambar 4.68: Perbandingan *stress* antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro.

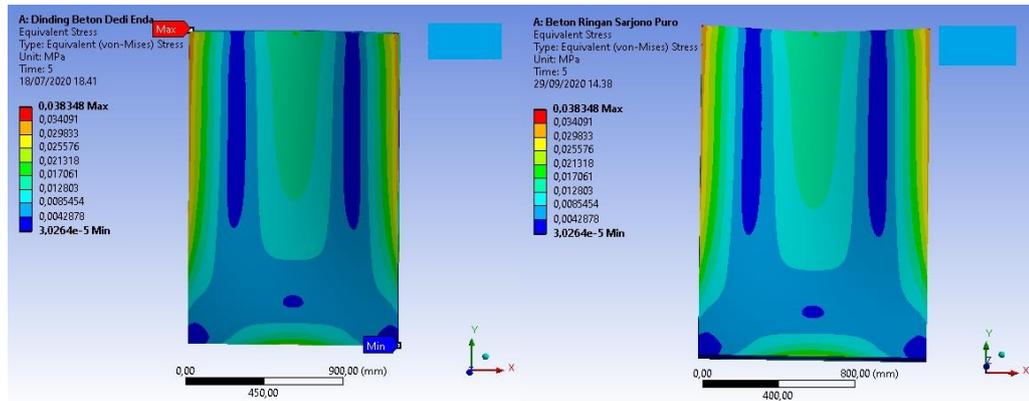
Pada gambar 4.65 dapat dilihat bahwa secara simulasi *stress* yang terjadi antara kedua dinding beton tersebut adalah sama besar. Hal ini dikarenakan dimensi dan perlakuan terhadap beton tersebut juga sama. Untuk grafik perbandingan *stress* akibat gaya aksial dapat dilihat pada Gambar 4.69.



Gambar 4.69: Grafik perbandingan *stress* akibat gaya aksial.

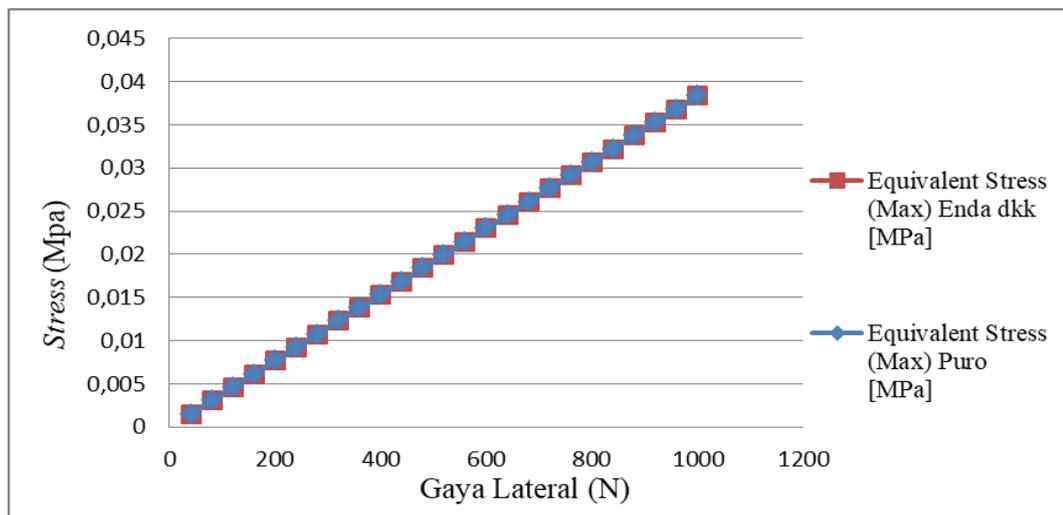
4.3.2.2.2 Perbandingan *stress* akibat gaya lateral

Hasil perbandingan *stress* antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral dapat dilihat pada Gambar 4.70.



Gambar 4.70: Perbandingan *stress* antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro.

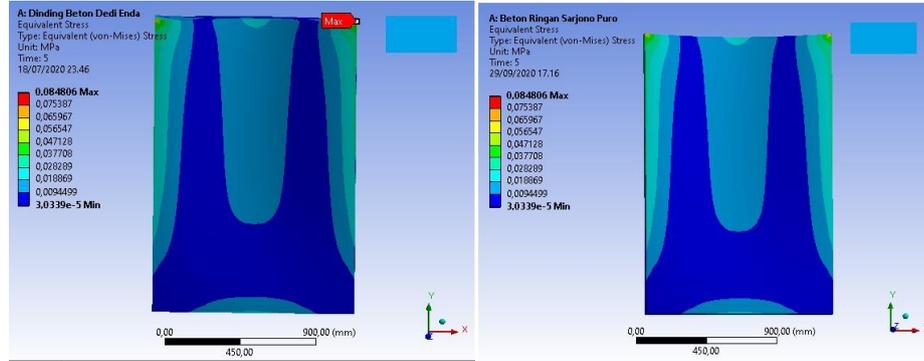
Dari gambar 4.66 dapat dilihat bahwa besar *stress* yang terjadi akibat dari gaya lateral terhadap kedua dinding tersebut sama besar. Hal ini dikarenakan dimensi dari beton tersebut sama besar dan perlakuan terhadap dinding tersebut juga sama. Untuk grafik perbandingan *stress* akibat gaya lateral dapat dilihat pada Gambar 4.71.



Gambar 4.71: Grafik perbandingan *stress* akibat gaya lateral.

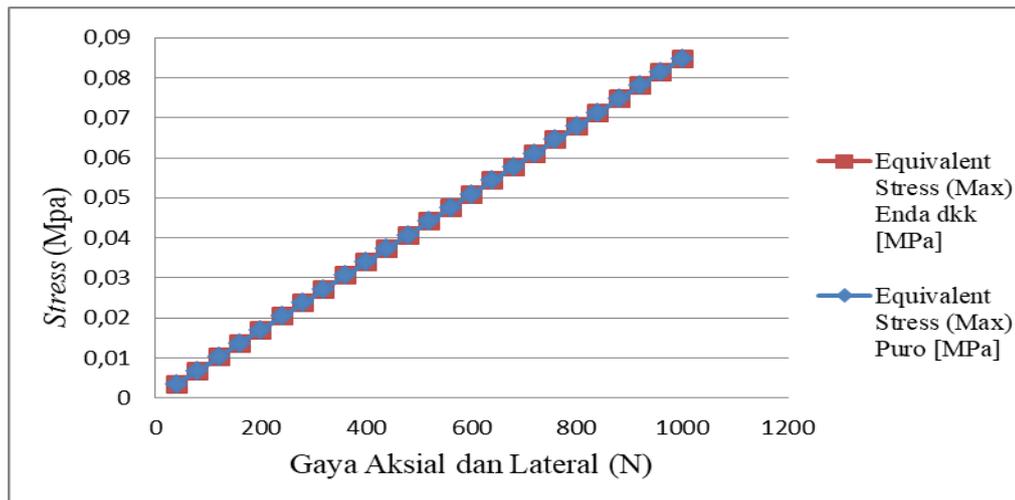
4.3.2.2.3 Perbandingan *stress* akibat gaya aksial dan lateral

Hasil perbandingan *stress* antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral secara simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.72.



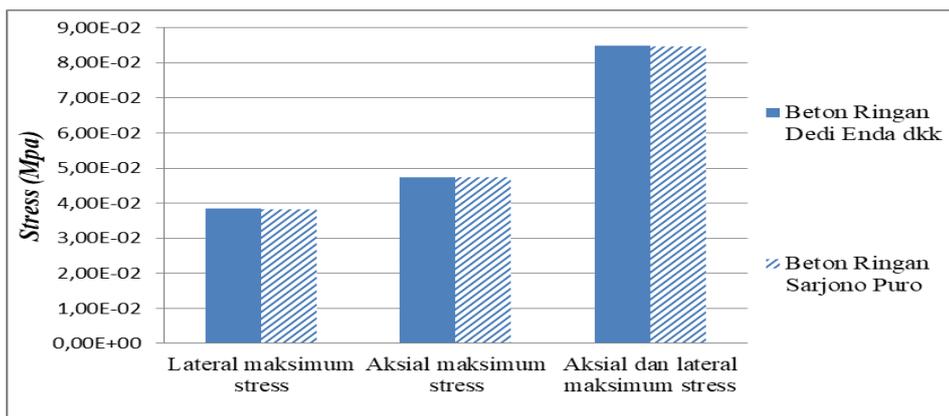
Gambar 4.72: Perbandingan *stress* antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral.

Pada gambar 4.67 dapat dilihat bahwa besar *stress* yang terjadi di antara kedua dinding tersebut adalah sama. Hal ini dikarenakan dimensi dan perlakuan terhadap dinding beton ringan tersebut sama. Untuk grafik perbandingan *stress* akibat gaya aksial dan lateral dapat dilihat pada Gambar 4.73.



Gambar 4.73: Grafik perbandingan *stress* akibat gaya aksial dan lateral.

Perbandingan *stress* antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro secara simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.74.



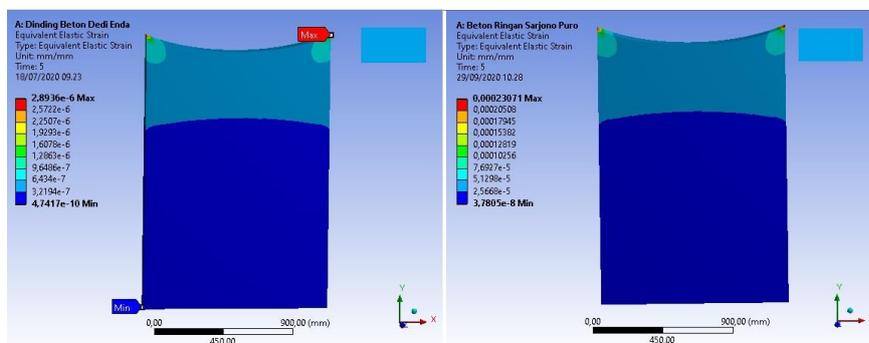
Gambar 4.74: Diagram batang hasil simulasi perbandingan *stress* antara beton ringan Enda dkk dan beton ringan Sarjono Puro.

Pada Gambar 4.68 dapat di lihat bahwa secara simulasi besar *stress* yang terjadi di antara kedua dinding beton ringan tersebut adalah sama besar, tetapi dinding beton ringan Sarjono Puro telah mengalami keretakan pada saat beban sebesar 0,02 Mpa yaitu pada saat beban masing-masing sebesar 240 N sedangkan dinding beton ringan Enda dkk belum mengalami keretakan.

4.3.2.3 Strain

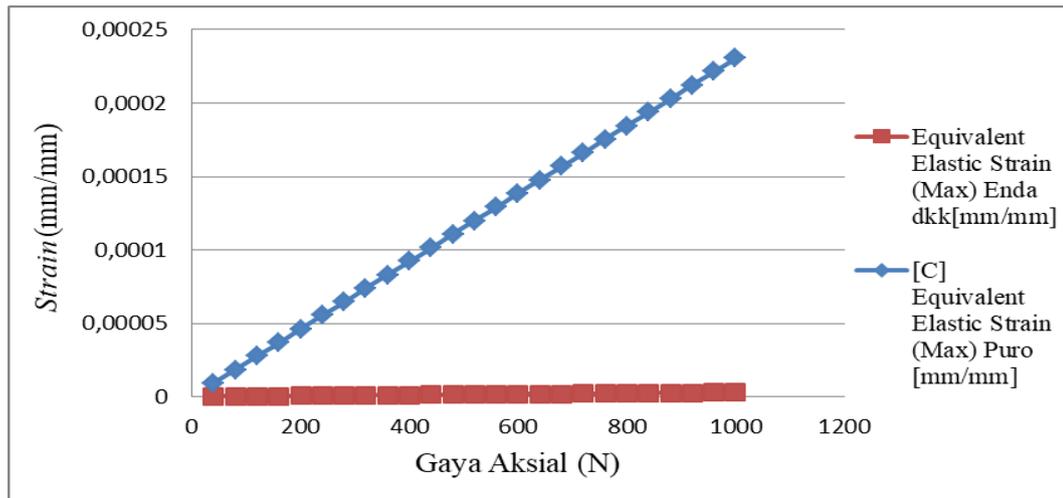
4.3.2.3.1 Perbandingan *strain* akibat gaya aksial

Hasil perbandingan *strain* yang terjadi antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dapat dilihat pada Gambar 4.75.



Gambar 4.75: Perbandingan *strain* yang terjadi antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan sarjono Puro.

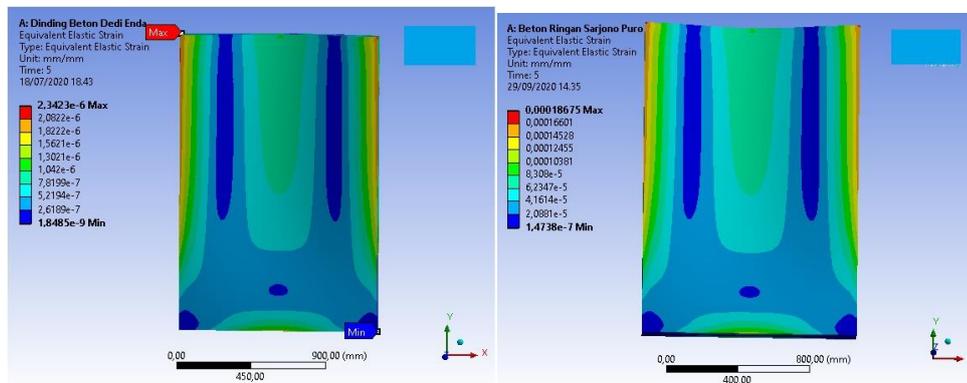
Pada gambar 4.69 dapat dilihat bahwa dinding beton ringan Enda dkk lebih kuat dalam menahan *strain* yang terjadi akibat gaya aksial. Hal ini karena material penyusun dinding beton ringan Enda dkk lebih baik dibandingkan dengan material penyusun dinding beton ringan Sarjono Puro. Besar perbandingan *strain* antara kedua dinding tersebut adalah sebesar 0,0002 mm/mm. Untuk grafik perbandingan *strain* akibat beban aksial dapat dilihat pada Gambar 4.76.



Gambar 4.76: Grafik perbandingan strain akibat gaya aksial.

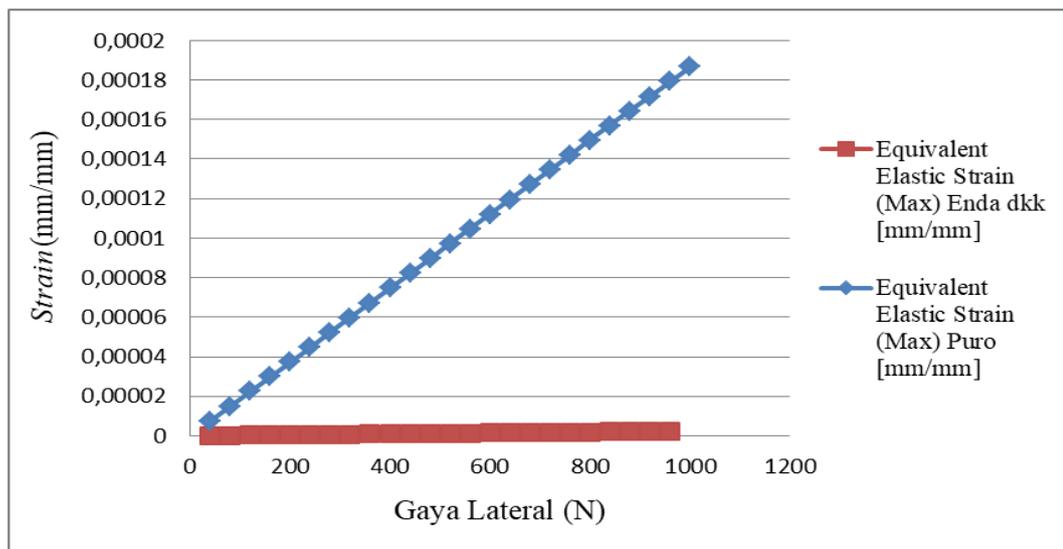
4.3.2.3.2 Perbandingan *strain* akibat gaya lateral

Hasil perbandingan *strain* antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya lateral dapat dilihat pada Gambar 4.77.



Gambar 4.77: Perbandingan strain antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro.

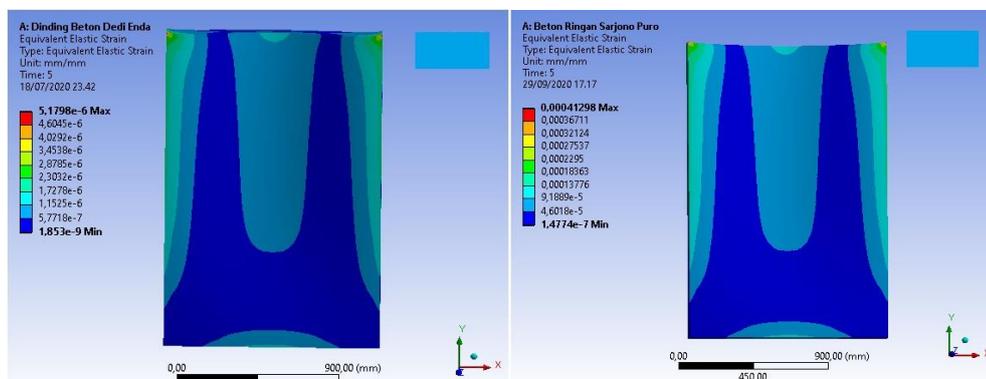
Pada gambar 4.70 dapat dilihat bahwa dinding beton ringan Enda dkk lebih kuat menahan gaya lateral disbanding dengan dinding beton ringan Sarjono Puro. Besar perbandingan *strain* antara kedua dinding tersebut adalah sebesar 0,00018 mm/mm. Untuk grafik perbandingan *strain* akibat gaya lateral dapat dilihat pada Gambar 4.78.



Gambar 4.78: Grafik perbandingan *strain* akibat gaya lateral.

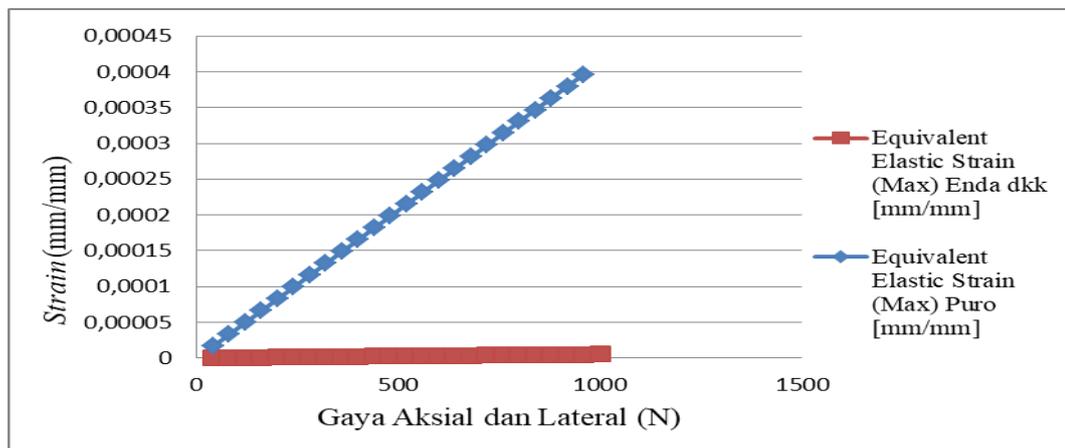
4.3.2.3.3 Perbandingan *strain* akibat gaya aksial dan lateral

Hasil perbandingan *strain* antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral secara simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.79.



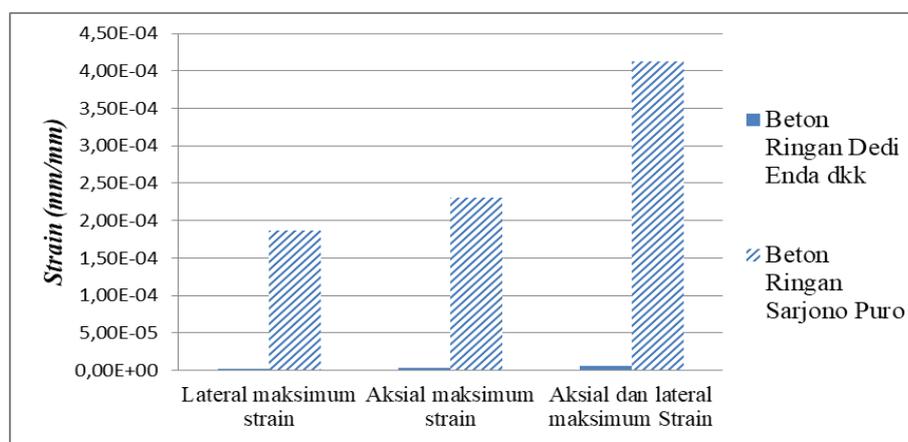
Gambar 4.79: Perbandingan *strain* antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro akibat gaya aksial dan lateral.

Dari gambar 4.79 dapat dilihat bahwa secara simulasi dinding beton ringan Enda dkk lebih kuat menahan *strain* yang terjadi akibat gaya aksial dan lateral jika dibandingkan dengan dinding beton ringan Sarjono Puro. Hal ini dikarenakan material penyusun dinding beton ringan Enda dkk lebih baik dibanding material penyusun dinding beton ringan Sarjono Puro. Adapun besar perbandingan *strain* di antara kedua dinding tersebut adalah sebesar 0,0004 mm/mm. untuk grafik perbandingan *strain* akibat gaya aksial dan lateral dapat dilihat pada Gambar 4.80.



Gambar 4.80: Grafik perbandingan *strain* akibat gaya aksial dan lateral.

Perbandingan *strain* antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro dapat dilihat pada diagram batang Gambar 4.81.



Gambar 4.81: Diagram batang hasil simulasi perbandingan *strain* antara dinding beton ringan Enda dkk dan dinding beton ringan Sarjono Puro.

Pada Gambar 4.72 dapat dilihat bahwa secara simulasi dinding beton ringan Enda dkk lebih baik dibandingkan dengan dinding beton ringan Sarjono Puro. Dapat disimpulkan bahwa material penyusun dinding beton ringan Enda dkk lebih baik dibandingkan dengan material penyusun dinding beton ringan Sarjono Puro.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Model dinding polos yang menanggung gaya aksial cendrung mengalami kehancuran di bagian samping kanan dan kiri tepat pada bagian yang berpotongan dengan tumpuan sedangkan pada saat di beri gaya lateral dinding mengalami deformasi di bagian tengah dinding di bagian atas yang jauh dari tumpuan.
2. Simulasi dinding beton ringan terhadap gaya aksial dan lateral.
 - a. Pada dinding beton ringan yang menggunakan *Styrofoam* dengan lapisan *coating* yang menanggung gaya aksial sebesar 1000 N dan gaya lateral sebesar 1000 N akan mengalami deformasi sebesar $2,11E-03$ mm.
 - b. Pada dinding beton ringan abu sekam padi dan *fly ash* yang menanggung gaya aksial sebesar 1000 N dan gaya lateral sebesar 1000 N akan mengalami deformasi sebesar $1,60E-03$ mm.
3. Hasil perbandingan simulasi dinding beton ringan menggunakan *Styrofoam* dengan lapisan *coating* dan abu sekam padi dengan *fly ash*.
 - a. Dinding beton ringan Sarjono Puro mengalami deformasi lebih kecil $5,08E-04$ mm di bandingkan dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral.
 - b. Dinding beton ringan Sarjono Puro mengalami *stress* lebih kecil $8,48E-02$ Mpa di bandingkan dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral.
 - c. Dinding beton ringan Sarjono Puro mengalami *strain* lebih kecil $1,25E-06$ mm/mm di bandingkan dinding beton ringan Enda dkk akibat gaya aksial dan lateral.
4. Beton ringan Enda dkk lebih kuat dalam menahan gaya aksial dan lateral, hal ini dapat dilihat dari hasil deformasi, *stress*, dan *strain* secara simulasi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa beton ringan dengan campuran material *Styrofoam* yang di-*coating* lebih kuat dari pada beton ringan dengan

campuran material abu sekam padi dan *fly ash*. Karena *coating* yang digunakan oleh Enda dkk adalah 80% semen *Portland* tipe 1 dan 15% *fly ash*, dan sifat semen *portland* tipe 1 adalah dapat mengikat dan meningkatkan kekuatan. Sedangkan material yang digunakan oleh Sarjono Puro adalah abu sekam padi dan *fly ash* yang kandungannya adalah silika yang mempunyai daya ikat tetapi tidak meningkatkan kekuatan pada beton ringan tersebut.

5.2 Saran

1. Dilakukan pengujian satu persatu antara aksial dan lateral agar dengan mudah dapat diamati karakteristik kehancuran dan daya dukung maksimumnya.
2. Simulasi dilakukan bebrapa kali untuk memastikan ketepatan perhitungan dari *software finite element method*.
3. Simulasi dikerjakan dengan menggunakan perangkat yang mendukung *software finite element method*.
4. Membandingkan hasil simulasi dengan penelitian orang lain agar tidak menyalahi konsep dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- ade Susila, I. G., Mandal, P., & Swailes, T. (2015). *Analisa Drift-Base Fragility : Evaluasi Hasil Eksperimental Dan. April.*
- Awwaluddin, M., Istiyanto, J., & Soemardi, T. P. (2013). Analisis Tegangan Statik Dan Dinamik Pada Perancangan Dan Pengembangan Struktur Bodi Monorail Produksi Pt. Mbw Menggunakan Finite Element Analysis (Ansys). *Seminar Universitas Indonesia, February 2019.* https://www.researchgate.net/publication/331009618_Analisis_Tegangan_Statik_Dan_Dinamik_Pada_Perancangan_Dan_Pengembangan_Struktur_Bo di_Monorail_Produksi_Pt_Mbw_Menggunakan_Finite_Element_Analysis_Ansys.
- Badriyah, A. N. (2016). *Analisis respon beam terhadap pembebanan kendaraan berjalan dengan pemodelan setengah mobil.*
- Corneils, R. (2007). *Kajian Experimental Dan Numerik Desain Perancangan Elemen Batang Profil L Berbahan Ferrocement Sebagai Pengganti Elemen Rangka Kuda-Kuda Atap Ringan Berbahan Kayu Atau Berbahan Baja.* 2000, 23–42.
- Damastu, N. M. (2016). *Studi Eksperimen dan Kajian Numerik Aliran Fluida Pada Nosel Diameter 0,3 mm.* <http://repository.unpas.ac.id/id/eprint/12936%0A> (Di akses pada kamis, 16 Juli 2020).
- Enda, D., Poetra, S. M. S., Darmawan, S., & Darma, I. S. (2016). Kajian Eksperimental Material dan Elemen Dinding Beton Beragregat Kasar Styrofoam dengan Lapisan Coating. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(3), 175–188. <https://doi.org/10.5614/jts.2016.23.3.2>.
- Habi Arbi, M. (2014). *Hubungan Antara Tegangan-Regangan (Stress-Strain Relationships) Pada Beton.* 14(10), 38–44.
- Has, R., Sugianto, Ginting, A., & Cahyo Kresnanto, N. (2016). *Beton Ringan Polysterene Untuk Panel Dinding Dengan Metode Pengempaan.* 3(1), 12–21.
- Kh, S. (1984). *Buku Teknik Sipil.*

- Muchiar, M., & Mahmud, K. (2016). Penelitian Terhadap Deformasi Pada Paduan Aluminium Tipe a5083P-O Dengan Teknik Interferometri Optik. *Jurnal Teknologi*, 8(2), 85. <https://doi.org/10.24853/jurtek.8.2.85-88>.
- Mulyadi, S. (2011). Analisa Tegangan-Regangan Produk Tongkat Lansia Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal ROTOR*, 4, 1.
- Pangouw, J. D., Pandaleke, R., & Mangare, J. B. (2013). Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Modulus Elastisitas. 1(2).
- Pringgana, G. (2018). Pemodelan Perilaku Struktur Dinding Kayu Akibat Beban Tsunami. 6(2), 254–262.
- Puro, S. (2014). Kajian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Ringan Memanfaatkan Sekam Padi dan Fly Ash dengan Kandungan Semen 350 kg/m³. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 4(2).
- Rijal, K., & Sukandi. (2018). Analisis Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang Dan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan. 4(4).
- Riyanto, P., Rahmawati, A., & Nurhidayati, A. (2017). Studi Eksperimen Kuat Lentur Beton Ramah Lingkungan Berbahan Tambah Abu Ampas Tebu Dan Serat Bambu. 487–492.
- Souisa, M. (2011). Analisis Modulus Elastisitas Dan Angka Poisson Bahan Dengan Uji Tarik. 22(3), 256–278.
- Triastuti, & Nugroho, A. (2017). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(2), 139–144. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.2.4>.
- Utomo, N. K. A., & Anggraini, L. (2019). Finite Element Analysis With Static and Dynamic Conditions of Spare Wheel Carrier for Oh 1526 Fabricated By Saph 440 Hot Rolled Steel. *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, 4(1), 34. <https://doi.org/10.33021/jmem.v4i1.663>.
- Wahyudianto, B. E. (2019). Tinjauan Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Dinding Pasangan Batu Bata Dengan Perkuatan Diagonal Tulangan Baja. In *Journal Of Chemical Information And Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.