

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN DEFORMASI BALOK BETON ANTARA 5 FILLER
MENGUNAKAN APLIKASI ELEMEN HINGGA**

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

(Studi Penelitian)

Disusun Oleh:

JAGAT SYAHPUTRA
1607210239



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**



LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Jagat Syahputra
Npm : 1607210239
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perbandingan Deformasi Balok Beton Antara 5 Filer
Menggunakan Aplikasi Elemen Hingga
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, Oktober 2021
Dosen Pembimbing

Dr. Fetra Venny Riza

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Jagat Syahputra

NPM : 1607210239

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Perbandingan Deformasi Balok Beton Antara 5 *Filler*
Menggunakan Aplikasi Elemen Hingga

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, Oktober 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Fetra Venny Riza

Dosen Pembimbing I



Tondi Aningsyah Putera S.T, M.T

Dosen Pembimbing II



Assoc Prof Dr Fahrizal Zulkarnain

Ketua Prodi Teknik Sipil



Assoc Prof Dr Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Jagat Syahputra
Tempat, Tanggal Lahir : K. Begunit, 28 Juni 1998
NPM : 1607210239
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Perbandingan Deformasi Balok Beton Antara 5 Filler Menggunakan Aplikasi Elemen Hingga”

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, Oktober 2021

Saya yang menyatakan,



Jagat Syahputra

ABSTRAK

PERBANDINGAN DEFORMASI BALOK BETON ANTARA 5 FILLER MENGUNAKAN APLIKASI ELEMEN HINGGA

Jagat Syahputra
1607210239
Dr. Fetra Venny Riza

Dalam mengurangi penggunaan semen portland dengan menggunakan bahan alternatif lainnya atau bahan-bahan tidak terpakai dan dibuang oleh industri maupun dari sektor pertanian seperti *fly ash* (abu terbang), *silica fume*, serbuk cangkang telur dan lain sebagainya. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui nilai deformasi balok beton dengan campuran abu sekam padi, serbuk cangkang telur, serat kelapa, *fly ash*, dan serbuk cangkang sawit dengan *software* elemen hingga, dan untuk mengetahui nilai tegangan dan regangan balok beton dengan campuran abu sekam padi, serbuk cangkang telur, serat kelapa, *fly ash*, dan serbuk cangkang sawit dengan *software* elemen hingga. Dalam tugas akhir ini dilakukan pengujian secara simulasi untuk mewakili pengujian eksperimen dan membuat perbandingan dalam membuat penelitian dengan menggunakan *software* elemen hingga. Adapun data material beton di input ke dalam *software* Elemen Hingga untuk dilakukan simulasi pada beton tersebut. Dalam pengujian beton dilakukan dengan model balok beton dengan tulangan sederhana. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa simulasi deformasi balok beton dari 5 *filler* didapatkan bahwa balok beton yang menggunakan *filler fly ash* dan serbuk kaca hanya berdeformasi sebesar 6,31 mm akibat gaya aksial sebesar 500 KN. Sedangkan balok beton yang paling besar deformasinya adalah balok beton dengan *filler* serabut tempurung kelapa karena mengalami deformasi sebesar 10,88 mm akibat gaya aksial yang sama. Secara simulasi deformasi yang terjadi pada balok beton antara 5 *filler* tersebut memiliki karakteristik yang sama. Hal ini karena perlakuan dan tumpuan pada balok tersebut sama.

Kata kunci : *Filler*, metode elemen hingga, *fly ash*

ABSTRACT

COMPARISON OF CONCRETE BEAM DEFORMATION BETWEEN 5 FILLERS USING FINITE ELEMENT APPLICATION

Jagat Syahputra
1607210239
Dr. Fetra Venny Riza

In order to reduce the use of portland cement, the use of other alternative materials or materials that are not used and discarded by industry or from the agricultural sector such as fly ash, silica fume, eggshell powder and others is preferred. This final project aims to determine the deformation values of concrete blocks with a mixture of rice husk ash, eggshell powder, coconut fiber, fly ash, and palm shell powder with finite element software, and to determine the stress and strain values of concrete blocks with a mixture of rice husk ash, eggshell powder, coconut fiber, fly ash, and palm shell powder with finite element software. In this final project, simulation tests were carried out to represent experimental tests and created comparisons in conducting research using finite element software. The concrete material data was input into the Finite Element software for simulation on the concrete. To test the concrete, concrete blocks model with simple reinforcement was used. Based on the results of the analysis and discussion, it can be concluded that the simulation of concrete beam deformation of 5 fillers found that the concrete beam using fly ash and glass powder only deformed by 6.31 mm due to an axial force of 500 KN. While the concrete beam with the largest deformation was a concrete beam with coconut shell fiber filler because it was deformed by 10.88 mm due to the same axial force. Simulating the deformation that occurs in the concrete beam between the 5 fillers has the same characteristics. This is because the treatment and support on the beam is the same.

Keywords: Filler, finite element method, fly ash

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 Deformasi Balok Beton Antara 5 Filler Menggunakan Aplikasi Elemen Hingga (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. Ibu Dr. Fetra Venny Riza selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Tondi Amirsyahputera S. T, M. T selaku Dosen Pembimbing 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. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Kepala Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknik sipil kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Orang tua penulis: Ayahanda tercinta Salimun, dan Ibunda tercinta Supiatik, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

8. 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 2021

Jagat Syahputra

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Umum	5
2.2. Beton	5
2.3. Bahan Penyusun Beton	6
2.3.1 Abu Sekam Padi	6
2.3.2 Serbuk Cangkang Telur	7
2.3.3 Serat Serabut Kelapa	8
2.3.4 Fly Ash	9
2.3.5 Serbuk Cangkang Sawit	9
2.4. Belok	10
2.5. Deformasi/ Lendutan	11
2.6. Penelitian Deformasi Secara Eksperimen	11
2.7. <i>Software Finite Elemen</i>	13
2.8. Penelitian Yang Terkait	16

BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	
3.1.	Diagram Alir Penelitian	20
3.2.	Studi Literatur Penelitian yang Terkait	21
3.2.1	Abu Sekam Padi	21
3.2.2	Serbuk Cangkang Telur	21
3.2.3	Serat Serabut Kelapa	22
3.2.4	Fly Ash	22
3.2.5	Serbuk Cangkang Sawit	23
3.3	Pemodelan Dengan <i>Software Finite Element</i>	23
3.3.1	<i>Input Material Propertis</i>	23
3.3.2	<i>Input Geometri/ Modeling</i>	24
3.3.3	Proses Analisis	25
3.4	Analisa Hasil	30
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Analisa Geometri	31
4.2.	Hasil Simulasi <i>Software Finite Element</i>	31
4.2.1.	Hasil Simulasi Balok Beton Dengan <i>Filler</i> Abu Sekam Padi	31
4.2.2.	Hasil Simulasi Balok Beton Dengan <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Telur	34
4.2.3.	Hasil Simulasi Balok Beton Dengan <i>Filler</i> Serat Serabut Kelapa	36
4.2.4.	Hasil Simulasi Balok Beton Dengan <i>Filler Fly Ash</i>	38
4.2.5.	Hasil Simulasi Balok Beton Dengan <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Sawit	40
4.3.	Hasil Perbandingan Deformasi Secara Simulasi	42
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1.	Kesimpulan	45
5.2.	Saran	45
	DAFTAR PUSTAKA	46
	LAMPIRAN	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data Penelitian Abu Sekam Padi	7
Tabel 2.2	Data Penelitian Serbuk Cangkang Telur	7
Tabel 2.3	Lanjutan	8
Tabel 2.4	Data Penelitian Serat Serabut Kelapa	8
Tabel 2.5	Data Penelitian <i>Fly Ash</i>	9
Tabel 2.6	Data Penelitian Serbuk Cangkang Sawit	9
Tabel 2.7	Lanjutan	10
Tabel 3.1	Material Proses Pada beton Dengan <i>Filler</i> Abu Sekam Padi Oleh (Samsudin & Hartantyo, 2017)	21
Tabel 3.2	Material Proses Pada beton Dengan <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Telur Oleh (Tumbel etal)	22
Tabel 3.3	Material Proses Pada beton Dengan <i>Filler</i> Serat Serabut Kelapa Oleh (Rustendi. 2004)	22
Tabel 3.4	Material Proses Pada beton Dengan <i>Filler Fly Ash</i> Oleh (Apriwelni & Wirawan, 2020)	22
Tabel 3.5	Material Proses Pada beton Dengan <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Sawit Oleh (Itteridi & Rusandinata,2018)	23
Tabel 4.1	Data Geometri Balok	31
Tabel 4.2	Mutu Baja/ BJTS 40	31
Tabel 4.3	Data Matrial Beton Dengan <i>Filler</i> Abu Sekam Padi Pada Engineering Data	32
Tabel 4.4	Data Matrial Beton Dengan <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Telur Pada Engineering Data	34
Tabel 4.5	Data Matrial Beton Dengan <i>Filler</i> Serat Serat Serabut Kelapa Pada Engineering Data	36
Tabel 4.6	Data Matrial Beton Dengan <i>Filler Fly Ash</i> Pada Engineering Data	38
Tabel 4.7	Data Matrial Beton Dengan <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Sawit Pada Engineering Data	40
Tabel 4.8	Perbandingan Hasil Simulasi Material Balok Beton	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Dimensi Balok Beton Normal	12
Gambar 2.2	Pola Retak Yang Terjadi	13
Gambar 2.3	Elemen <i>Solid 65</i>	16
Gambar 2.4	Pemodelan Pola Retak	16
Gambar 2.5	<i>Equivalent Stress</i> Kolom Berdasarkan Pemodelan <i>Software Finite Elemen</i>	17
Gambar 2.6	Pola Retak Balok Berdasarkan Pemodelan <i>Software Finite Elemen</i>	18
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3.2	Input Data Matrial	23
Gambar 3.3	Input Data Matrial ke Dalam <i>Software Finite Element</i>	24
Gambar 3.4	Desain Balok Yang Akan Dilakukan Simulasi	24
Gambar 3.5	Proses import geometri	25
Gambar 3.6	Satuan/ Units Geometri	25
Gambar 3.7	Pemilihan Material Untuk Geometri	26
Gambar 3.8	Pengaturan Kontak Antara Geometri	26
Gambar 3.9	Proses <i>Mesh</i> pada Geometri	27
Gambar 3.10	Proses Pengaturan <i>Time Step</i>	27
Gambar 3.11	Proses Pemberian Tumpuan	28
Gambar 3.12	Proses Memasukan Gaya Aksial	28
Gambar 3.13	Memasukan Besar Gaya yang Akan Dikerjakan	29
Gambar 3.14	Pengecekan Tumpuan dan Pembebanan	29
Gambar 3.15	<i>Setting Solution</i>	30
Gambar 3.16	Hasil Simulasi	30
Gambar 4.1	Deformasi Yang Terjadi Pada Balok Beton Dengan <i>Filler</i> Abu Sekam Padi Akibat Gaya Aksial	32
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Momen Rotasi Beton Dengan <i>Filler</i> Abu Sekam Padi Berdasarkan <i>Software Finite Elemen</i>	33
Gambar 4.3	Hubungan Tegangan Regangan Pada Balok Beton Dengan <i>Filler</i> Abu Sekam Padi	33

Gambar 4.4	Deformasi Yang Terjadi Pada Balok Beton Dengan Campuran Cangkang Telur	34
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Momen Rotasi Beton Dengan <i>Filler</i> Cangkang Telur Berdasarkan <i>Software Finite Elemen</i>	35
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Antara Tegangan Dan Regangan Pada Balok Beton Dengan <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Telur	36
Gambar 4.7	Diagram Kontur Hasil Simulasi Deformasi Balok Beton Dengan <i>Filler</i> Serat Serabut Kelapa	37
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Momen Rotasi Beton Dengan <i>Filler</i> Serabut Kelapa Berdasarkan <i>Software Finite Elemen</i>	37
Gambar 4.9	Hubunagn Antara Tegangan Dan Regangan Balok Beton Dengan <i>Filler</i> Serat Serabut Kelapa Mengakibatkan Gaya Aksial	38
Gambar 4.10	Deformasi Yang Terjadi Pada Baok Beton Dengan <i>Filler Fly Ash</i> Mengakibatkan Gaya Aksial	39
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Momen Rotasi Beton Dengan <i>Filler Fly Ash</i> Berdasarkan <i>Software Finite Elemen</i>	39
Gambar 4.12	Hubungan Antara Tegangan Dan Regangan Balok Beton Dengan <i>Filler Fly Ash</i> .	40
Gambar 4.13	Hasil Deformasi Balok Beton Dengan <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Sawit Akibat Gaya Aksial Secara Simulasi	41
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Momen Rotasi Beton Dengan <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Sawit Berdasarkan <i>Software Finite Elemen</i>	41
Gambar 4.15	Hubungan Antar Tegangan Dan Regangan Pada Balok Beton Dengan <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Sawit	42
Gambar 4.16	Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Material Balok Beton	43
Gambar 4.17	Perbandingan Momen Rotasi Masing-Masing Campuran Beton	44
Gambar 3.9	Tampak Depan Bekisting Jarak Tie Rod 0,64 m	42

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seiring majunya ilmu pengetahuan dan teknologi pada bidang pembangunan konstruksi teknik sipil saat ini mengalami perkembangan pesat yang berdampak pada pemanasan global. Hal tersebut mampu mengurangi produksi karbondioksida sebagai salah satu penyumbang pemanasan global yang menjadi topik sangat menarik untuk dikembangkan. Salah satu upaya untuk mengurangi efek rumah kaca dan pemanasan global dalam bidang konstruksi adalah dengan cara mengurangi produksi semen *portland* dalam pembuatan beton.

Dalam mengurangi penggunaan semen *portland* dengan menggunakan bahan alternative lainnya atau bahan-bahan tidak terpakai dan dibuang oleh industri maupun dari sektor pertanian seperti *fly ash* (abu terbang), *silica fume*, serbuk cangkang telur dan lain sebagainya. Bahan-bahan yang sudah tidak terpakai dalam bidang pertanian dan biasanya hanya dibuang saja tanpa dimanfaatkan seperti abu sekam padi, ampas tebu dan lain sebagainya. Bahan-bahan tersebut bila digunakan sebagai material pengganti semen harus mempunyai sifat-sifat *pozolan* serta mempunyai kandungan *Silika* (Si) dan *Aluminium* (Al) yang cukup tinggi.

Sekam padi dan serbuk cangkang telur banyak ditemukan di kawasan pertanian dengan endemik tanaman padi selanjutnya pada kawasan perdagangan makanan siap saji. Abu sekam padi diperoleh dari hasil pembakaran sekam padi, warna abu sekam padi dari putih keabu-abuan sampai dengan hitam. Warna ini tergantung berdasarkan sumber sekam padi serta suhu pembakaran. Jumlah sekam padi yang dihasilkan melalui pembakaran berkisar antara 20% - 33% dari berat padi dengan hasil 137 juta ton per tahun. (Triastuti & Nugroho, 2017). Abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen yaitu bahan tambah untuk konstruksi dengan tujuan meningkatkan nilai tambah dalam pembuatan beton yang mempunyai sifat-sifat yang lebih bagus (Triastuti & Nugroho, 2017).

Kulit cangkang telur kering mengandung sekitar 95% kalsium karbonat dengan berat 5,5 gram (Butcher Gary D. & Richard Miles, 2004). Sementara itu, Hunton (2005) menyampaikan bahwa kulit telur terdiri atas 97% kalsium karbonat. Selain

itu, rerata dari kulit telur mengandung 3% fosfor dan 3% terdiri atas magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi, dan tembaga (Syam et al., 2014).

Menurut (Wahyudi et al., 2017), serabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Buah kelapa sendiri terdiri atas serabut 35%, tempurung 12%, daging buah 28%, dan air buah 25%. Adapun sabut kelapa terdiri atas 78% dinding sel dan 22,2% rongga. Salah satu cara mendapatkan serat dari sabut kelapa yaitu dengan ekstraksi menggunakan mesin. Serat yang dapat diekstraksi diperoleh 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram serabut yang diabstrasikan diperoleh sekam 70 bagian, serat matras 18 bagian, dan serat berbulu 12 bagian. Dari segi teknis sabut kelapa memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, antara lain mempunyai panjang 15-30 cm, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain (Sahrudin & Nadia, 2016).

Berdasarkan penjabaran beberapa literatur diatas perlu adanya simulasi terhadap hasil yang telah diperoleh. Simulasi software elemen hingga diharapkan mampu memperlihatkan serta memverifikasi nilai-nilai dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Dengan mensimulasikan beberapa hasil penelitian yang bersumber dari literature diatas sehingga mampu mengetahui selisih nilai antara matrial beton campuran abu sekam padi, serbuk cangkang telur, serat kelapa, *fly ash* dan serbuk cangkang sawit.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang timbul dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan dari nilai deformasi balok beton dengan campuran abu sekam padi, serbuk cangkang telur, serat kelapa, *fly ash* dan serbuk cangkang sawit jika di analisis dengan *software* elemen hingga?
2. Bagaimana perbandingan dari nilai tegangan-regangan balok beton dengan campuran abu sekam padi, serbuk cangkang telur, serat kelapa, *fly ash* dan serbuk cangkang sawit jika di analisis dengan *software* elemen hingga?
3. Campuran beton mana yang memiliki nilai deformasi dan tegangan-regangan yang paling efektif?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai deformasi balok beton dengan campuran abu sekam padi, serbuk cangkang telur, serat kelapa, fly ash, dan serbuk cangkang sawit dengan *software* elemen hingga.
2. Untuk mengetahui nilai tegangan dan regangan balok beton dengan campuran abu sekam padi, serbuk cangkang telur, serat kelapa, fly ash, dan serbuk cangkang sawit dengan *software* elemen hingga.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, memiliki ruang lingkup sebagai berikut :

1. Pengumpulan data parameter material didapat dari tinjauan pustaka
2. Pemodelan menggunakan *Software Finite Elemen Workbench 2016*
3. Peninjauan hanya dilakukan pada material beton saja.
4. Dimensi balok beton yang diuji adalah $L = 15 \text{ cm}$, $T = 25 \text{ cm}$ dan Panjang = 310 cm .
5. Beban yang digunakan yaitu sebesar 500 KN .

1.5 Manfaat Penelitian

Menambah pengetahuan dan wawasan mengenai perbandingan dan pemodelan kolom menggunakan aplikasi elemen hingga untuk mencari kuat tekan dengan menggunakan bahan abu sekam padi, serbuk cangkang telur, serat kelapa, fly ash, dan serbuk cangkang sawit. Semoga penelitian ini nantinya dapat memberikan inovasi dan menjadi referensi acuan bagi penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini disusun per bab, pada setiap bab terdiri dari beberapa bagian yang diuraikan secara rinci. Sistematika penulisan pada masing-masing bab adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan dalam tugas akhir yang digunakan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dibahas tentang uraian dari literatur atau referensi yang menjadi acuan dalam penulisan tugas akhir yaitu materi tentang beton, agregat, dan bahan tambah aditif dan software elemen hingga.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dibahas tentang tahapan-tahapan penelitian serta metode analisis data yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan pembahasan tentang analisis data dari hasil pemodelan dengan software.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang diperoleh dari bab-bab sebelumnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Balok adalah sebuah element struktur yang fungsinya untuk menopang beban dari pelat lantai maupun dinding dan kemudian balok akan meneruskan beban ke kolom.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya defleksi pada balok diantaranya:

1. Kekakuan balok

Semakin kaku suatu batang maka besarnya defleksi balok semakin kecil.

2. Besar kecil gaya yang diberikan

Besar kecilnya gaya yang diberikan pada balok terutama kaya vertikal berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang terjadi pada balok. Dengan kata lain, semakin besar beban yang diberikan pada balok maka defleksinya akan semakin besar.

3. Jenis tumpuan

Jumlah reaksi dan arah pada setiap jenis tumpuan berbeda beda. Oleh karena itu, besarnya defleksi pada penggunaan tumpuan yang berbeda beda tidaklah sama. Semakin banyak reaksi dari tumpuan yang melawan gaya dari beban maka defleksi yang terjadi pada tumpuan rol lebih besar dari tumpuan pin (sendi) dan defleksi yang terjadi pada tumpuan pin lebih besar dari tumpuan jepit.

4. Jenis beban yang terjadi pada batang

Beban terdistribusi merata dengan beban titik memiliki kurva defleksi yang berbeda. Pada beban terdistribusi merata slope yang terjadi pada bagian batang yang paling dekat lebih besar dari slope titik. Hal ini dikarenakan sepanjang batang mengalami beban sedangkan pada beban titik hanya terjadi pada beban titik tertentu saja.

2.2 Beton

Menurut Nawy (1998), mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawis dari material pembentuknya. Dengan demikian, masing –

masing komponen tersebut perlu dipelajari sebelum mempelajari beton secara keseluruhan. Perencana dapat mengembangkan pemilihan material yang layak komposisinya sehingga diperoleh beton yang efisien, memenuhi kekuatan batas yang disyaratkan oleh perencana dan memenuhi persyaratan *serviceability* yang dapat diartikan sebagai pelayanan yang handal dengan memenuhi kriteria ekonomi.

Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang direncanakan. Kinerja dari beton tersebut berdampak pada kekuatan yang diinginkan, kemudahan dalam pengerjaannya dan keawetannya dalam jangka waktu tertentu. Jika ingin membuat beton berkualitas baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton beton segar (*fresh concrete*) yang baik dan beton beton keras (*hardened concrete*) yang dihasilkan juga baik.

2.3 Bahan Penyusun Beton

Untuk memahami dan mempelajari seluruh perilaku elemen gabungan diperlukan pengetahuan tentang karakteristik masing-masing komponen. Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya (Nawy, 1998). Bahan pembentuk beton terdiri atas campuran agregat halus, agregat kasar, air dan semen sebagai pengikatnya. Dalam mendesain suatu campuran beton terkadang juga diberi bahan tambahan (*additive*) maupun bahan campur (*admixture*) demi mencapai tujuan tertentu. Sebelum dilakukan pemodelan dengan *software* element hingga, dilakukan analisa bahan masing-masing 5 filler berdasarkan jurnal-jurnal terkait. Adapun setiap *filler* diambil data yang paling maksimum untuk dimasukkan kedalam pemodelan di *software* element hingga.

2.3.1 Abu Sekam Padi

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan mengacu pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan bahan abu sekam padi pada studi literatur simulasi uji kuat tekan menghasilkan nilai yang koperhensif.

Tabel 0.1: Data Penelitian Abu Sekam Padi

No	Penulis	Jurnal	Metodologi	Massa	Kuat Tekan	Density
1	(Hidayat, 2008)	JURNAL APTEK Vol. 3 No. 2 Jli 2011	7,5% Abu sekam disubstitusi pada semen	-	24,90 Mpa	-
2	(Heldita, 2018)	TAPAK Vol. 8 No. 1 November 2018	10% Abu sekam disubtitusikan pada semen	-	21,36 Mpa	-
3	(Safitri et al., 2020)	Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.2 Februari 2020	10% Abu sekam disubtitusikan pada semen dengan benda uji silinder diameter 10 cm	3,39 Kg	23,21 Mpa	-
4	(Samsudin & Hartantyo, 2017)	Jurnal TeknikA Vol 9 No 2 September 2017	8% Abu sekam disubtitusikan pada semen dengan benda uji silinder diameter 15 cm	12,27 Kg	19,16 Mpa	2315,64 kg/m ³

2.3.2 Serbuk Cangkang Telur

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan mengacu pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan bahan serbuk cangkang telur pada studi literatur simulasi uji kuat tekan menghasilkan nilai yang koperhensif .

Tabel 0.2: Data Penelitian Serbuk Cangkang Telur

No	Penulis	Jurnal	Metodologi	Massa	Kuat Tekan	Modulus Elastisitas
1	(Novianti et al., 2019)	PILAR JURNAL TEKNIK SIPIL Vol.14 No. 02, September 2019	Variasi campuran 1% dengan Benda uji silinder diameter 15 cm	-	29,70 Mpa	-
2	(Michael et al., 2018)	Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara	Variasi campuran 5% Cangkang Telur dengan Benda uji	-	20,08 Mpa	-

Tabel 0.3: *Lanjutan*

			silinder diameter 15 cm			
3	(Tumbel et al., 2020)	Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.3 Mei 2020	Variasi campuran 5% Cangkang Telur dengan Benda uji silinder diameter 10 cm	2095,54 kg/m ³	22,15 Mpa	

2.3.3 Serat Serabut Kelapa

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan mengacu pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan bahan Serat serabut kelapa pada studi literatur simulasi uji kuat tekan menghasilkan nilai yang koperhensif.

Tabel 0.4: Data Penelitian Serat Serabut Kelapa

No	Penulis	Jurnal	Metodologi	Massa	Kuat Tekan	Modulus Elastisitas
1	(Affandy & Bukhori, 2019)	Ukarst Vol.3, No.2 Tahun 2019	Variasi campuran 0,5 % serat serabut kelapa	-	23,89 Mpa	-
2	(Sahrudin & Nadia, 2016)	Jurnal Konstruksia Volume 7 Nomer 2 April 2016	Benda uji silinder diameter 15 cm, Variasi campuran 0,5 % serat serabut kelapa	-	27,21 Mpa	-
3	(Marpaung & Karolina, 2014)	Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara	Benda uji silinder diameter 10 cm ,Variasi campuran 5 % serat serabut kelapa	-	22,49 Mpa	-

2.3.4 Fly Ash

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan mengacu pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan bahan Fly ash pada studi literatur simulasi uji kuat tekan menghasilkan nilai yang koperhersif.

Tabel 0.5: Data Penelitian *Fly Ash*

No	Penulis	Jurnal	Metodologi	Massa	Kuat Tekan	Modulus Elastisitas
1	(Utami et al., 2017)	Jurnal Matriks Teknik Sipil/Desember 2017/1442	Benda uji silinder diameter 15 cm, Variasi campuran 60 % dan superplastisizer	-	29,43 Mpa	-
2	(Suarnita, 2011)	Jurnal SMARTek, Vol. 9 No. 1. Pebruari 2011: 1 – 10	Benda uji silinder diameter 15 cm, Variasi campuran 25 % fly ash PLTU Mpanau Tavaeli	-	37,25 Mpa	-
3	(Apriwelni & Wirawan, 2020)	J. Saintis Volume 20 Nomor 01, 2020	Benda uji silinder diameter 15 cm, Variasi campuran 1,53 % fly ash PLTU Tarahan dan serbuk kaca 1,02 %	12,02 Kg	43,31 Mpa	-

2.3.5 Serbuk Cangkang Sawit

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan mengacu pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan bahan Serbuk cangkang sawit pada studi literatur simulasi uji kuat tekan menghasilkan nilai yang koperhersif .

Tabel 0.4: Data Penelitian Serbuk Cangkang Sawit

No	Penulis	Jurnal	Metodologi	Massa	Kuat Tekan	Modulus Elastisitas
1	(Yusra & Amir, 2016)	Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik	Benda uji silinder diameter 15 cm, Variasi campuran 15	-	60,74 Mpa	-

Tabel 0.7: Lanjutan

			% dan Viscocrete N-10 1,5% dari semen			
2	(Berli, 2019)	MENARA Ilmu Vol. XIII No.6 April 2019	Benda uji silinder diameter 10 cm, Variasi campuran 15%	2,16 gr/cm ³	19,01 Mpa	-
3	(Kristianto et al., 2016)	Jurnal Prodi Teknik Sipil FT UNTAN	Benda uji silinder diameter 15 cm, Variasi campuran 10%	-	27,99 Mpa	-
4	(Itteridi & Rusandinata, 2018)	Jurnal Ilmiah Bering's, Volume.05, No.01, Maret 2018	Benda uji Kubus ukuran 15x15x15 cm, Variasi campuran 15%	2,60 kg	20,59 Mpa	-
5	(Suprianto et al., n.d.)	Jurnal Program Studi Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian	Benda uji Kubus ukuran 15x15x15 cm, Variasi campuran 5%	-	32,60 Mpa	-

2.4 Balok

Balok adalah sebuah konfomen struktur yang fungsinya menyalurkan beban dari pelat lantai ke kolom dan kemudian di salurkan ke pondasi. Balok sebagai salah satu elemen struktur mempunyai fungsi yang sangat penting, yaitu menahan beban-beban di atasnya berupa beban plat lantai, beban hidup, beban mati dan berat sendiri balok.

2.5 Deformasi/ Lendutan

Deformasi adalah perubahan bentuk balok akibat dari beban yang bekerja. arkan defleksi sesuai dengan bahan material, dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Menurut Basori, Syafrizal, (2015) lendutan adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertical yang diberikan pada batang material.

Hal -hal yang mempengaruhi terjadinya deformasi/defleksi (Basori, Syafrizal, 2015).

- a. Kekakuan batang yang sifatnya semakin kaku maka lendutan yang dihasilkan akan semakin kecil.
- b. Besar kecil gaya yang diberikan pada batang berbanding lurus dengan besarnya defleksi yang terjadi. Dengan kata lain semakin besar beban yang dialami batang maka defleksi yang terjadi semakin besar.
- c. Jenis tumpuan yang diberikan jumlah reaksi dan arah pada tiap jenis tumpuan berbeda-beda. Oleh karena itu besarnya defleksi pada penggunaan tumpuan yang berbeda-beda tidaklah sama. Semakin banyak reaksi dari tumpuan yang melawan gaya dari beban maka defleksi yang terjadi pada tumpuan rol lebih besar dari tumpuan pin (pasak) dan defleksi yang terjadi pada tumpuan pin lebih besar dari tumpuan jepit.
- d. Jenis beban yang terjadi pada batang terdistribusi merata dengan beban titik, keduanya memiliki kurva defleksi yang berbeda-beda. Pada beban terdistribusi yang terjadi pada bagian batang yang paling dekat lebih besar. Inikarena sepanjang batang mengalami beban sedangkan pada beban titik hanya terjadi pada beban titik tertentu saja. Beban terdistribusi merata dengan beban titik, keduanya memiliki kurva defleksi. Untuk setiap batang yang ditumpu akan melendut apabila diberikan beban yang cukup.

2.6 Penelitian Deformasi Secara Eksperimen

Penelitian secara eksperimen tentang balok beton yang telah dilakukan oleh Anugrah, (2016) yang menggunakan spesifikasi beton sebagai berikut :

$f_c = 25 \text{ Mpa}$

Tegangan Leleh Baja:

D13 = 460 Mpa

D8 = 349 Mpa

Modulus elastisitas baja = 200.000 Mpa

Berat Jenis Beton = 2400 kN/m³

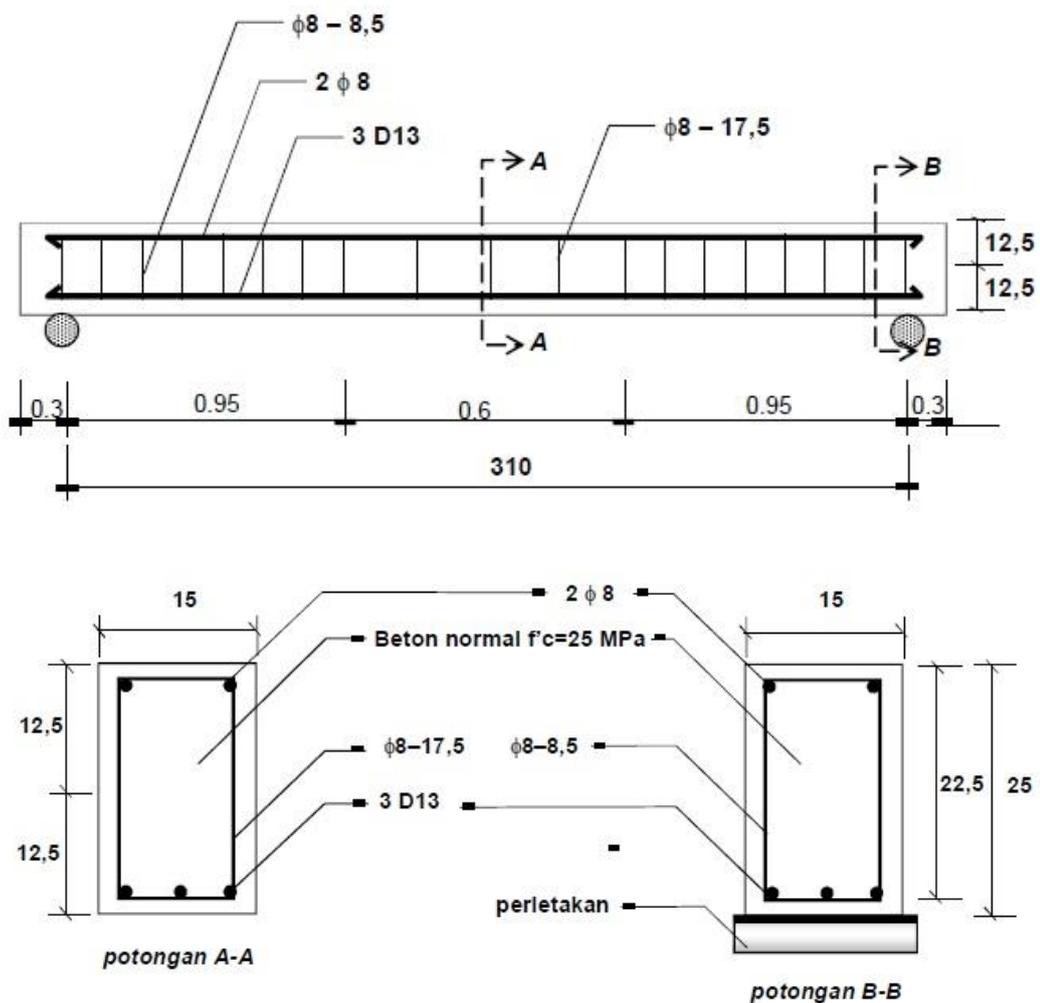
Selimut beton = 25 mm

Beban = 500 kN

Dengan dimensi balok sebagai berikut :

$p = 3100 \text{ mm}$ $l = 150 \text{ mm}$ $t = 250 \text{ mm}$

Gambar desain balok dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 0.1: Desain balok beton normal

Dari hasil penelitiannya dapat dilihat karakteristik pola retak dan lendutan yang terjadi pada balok beton akibat gaya yang bekerja. Pada penelitian ini lendutan terjadi sebesar 12, 14 mm. Pada kondisi ultimit hasil pengujian menunjukkan kesesuaian antara hasil uji dan desain. Pada Gambar 2.2 dapat dilihat hasil uji lentur balok beton normal.



Gambar 0.2: Pola retak yang terjadi

Menurut Anugrah, (2016) bahwa retak lentur yang terjadi pada balok beton berada pada $1/3$ bentang.

2.7 Software Finite Elemen

Metode elemen hingga adalah suatu alat numerik yang digunakan dalam menyelesaikan masalah teknik seperti persamaan diferensial dan integral dengan metode pendekatan. Metoda itu mula-mula dikembangkan untuk mempelajari tentang struktur dan tekanan (Clough 1960) dan kemudian berkembang pada masalah mekanika kontinu (Zienkiewicz dan Cheung, 1965).

Software Finite Elemen adalah program paket yang dapat memodelkan elemen hingga untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan mekanika, termasuk di dalamnya masalah statik, dinamik, analisis struktural (baik linier maupun nonlinier), masalah perpindahan panas, masalah fluida dan juga masalah yang berhubungan dengan akustik dan elektromagnetik (Hadi & Sitorus, 2016).

Dalam aplikasinya *Software Finite Elemen* dapat dibagi menjadi dua menurut dimensinya, yaitu:

a. Classic

Classic ini menyelesaikan problema dalam 2 dimensi seperti sistem *solid*

dalam bidang 2 dimensi dan perpindahan panas dalam 2 dimensi.

b. *Workbench*

Workbench ini menyelesaikan problema dalam 3 dimensi seperti sistem *solid* dalam 3 dimensi dan masalah aliran fluida pada pipa dalam 3 dimensi.

Software Finite Elemen merupakan salah satu software yang digunakan untuk menganalisis berbagai macam struktur, aliran fluida, dan perpindahan panas dari beberapa software analisis yang lain yaitu Nastran, CATIA, Fluent, dan yang lain. Ada tiga analisis utama yang dibahas pada buku ini yaitu analisis struktur, aliran fluida, dan perpindahan panas yang sangat sering dijumpai dalam keilmuteknikan. Agar materi yang dibahas di buku ini dapat diikuti dengan baik, maka sebaiknya pembaca harus memiliki dasar (basic) tentang keilmuan di atas.

Penyajian materi dilakukan secara bertahap yaitu mulai dari menggambar benda (objek) sampai dilakukannya penganalisisan dan diperoleh hasilnya. Secara umum penyelesaian elemen hingga menggunakan *Software Finite Elemen* dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu :

1. *Preprocessing* (Pendefinisian Masalah)

Masalah adalah bagian terpenting dalam suatu proses riset, karena masalah dapat menghadirkan petunjuk berupa jenis informasi atau defenisi yang nantinya akan sangat kita butuhkan. Jika diartikan kedalam bahasa indonesia *Pre-* artinya sebelum dan *Processor* artinya pemroses. *Preprocessing* merupakan tahapan awal dalam mengolah data input sebelum memasuki proses tahapan utama. Pada tahap pertama ini, dilakukan pendefinisian dari objek yang nantinya akan diproses pada tahap selanjutnya. Langkah umum dalam *preprocessing* terdiri dari :

- mendefinisikan *keypoint/lines/areas/volume* dari objek, Dalam hal ini, pendefinisian diatas harus dilakukan setelah dilakukannya pemodelan terlebih dahulu. Pemodelan merupakan proses menggambar ataupun mengimport gambar benda atau objek yang akan didefinisikan kedalam lembar kerja.
- mendefinisikan tipe elemen dan bahan yang digunakan/sifat *geometric* dari objek, dan
- mendefinisikan *mesh lines/areas/volumes* sebagaimana dibutuhkan. Jumlah detil yang dibutuhkan akan tergantung pada dimensi daerah yang dianalisis, ie., 1D, 2D, *axisymmetric* dan 3D.

2. *Solution / Assigning Loads, Constraints, and Solving*

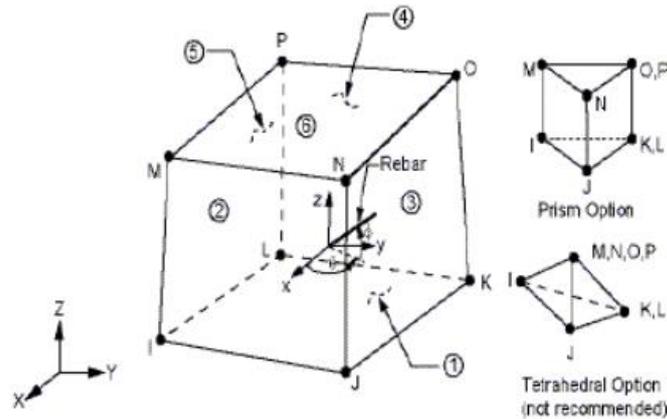
Pemecahan masalah adalah suatu proses terencana yang perlu dilaksanakan agar memperoleh penyelesaian tertentu dari sebuah masalah yang mungkin tidak didapat dengan segera (Saad & Ghani, 2008). Pada tahap ini, perlu dilakukan penentuan beban, model pembebanan (titik atau luasan), constraints (translasi dan rotasi) dan kemudian menyelesaikan hasil persamaan yang telah diset pada objek.

3. *Postprocessing/ Further Processing and Viewing of The Results*

Postprocessing adalah langkah akhir dalam suatu analisis berupa visualisasi yang memungkinkan penganalisis untuk mengeksplor data. Hal yang dilakukan pada langkah ini adalah mengorganisasi dan menginterpretasi data hasil simulasi yang bisa berupa gambar, kurva, dan animasi. Dalam bagian ini pengguna mungkin dapat melihat :

- daftar pergeseran nodal,
- gaya elemen dan momentum,
- plot deflection dan diagram kontur tegangan (*stress*) atau pemetaan suhu

Untuk memodelkan beton, menggunakan elemen solid 8 titik SOLID 65. Elemen solid mempunyai 8 titik dengan tiga derajat kebebasan pada tiap titik, perpindahan titik dalam arah x, y, dan z. Elemen mampu untuk deformasi plastic, retakan dalam arah 3 dimensi dan runtuh. Aspek yang sangat penting dari elemen ini adalah perlakuan sifat non linier (Thomas, 2002). Perkuatan untuk model elemen hingga dianggap elastis sempurna dan identik dalam Tarik dan tekan. Beton merupakan material dan mempunyai perilaku yang berbeda dalam tarik dan tekan. Dalam tekan, kurva tegangan regangan untuk beton masih linier sampai 30% dari kekuatan tekan maksimum. Melewati kuat tekan maksimum, kurva menjadi daerah yang lebih landai dan secepatnya keruntuhan terjadi pada regangan ultimate. Untuk inputan data beton di *Software Finite Elemen*, membutuhkan modulus elastisitas beton (E_c), kuat tekan ultimate (f_c), modulus keruntuhan (f_r) dan posisi rasio (ν). Koefisien tekan diambil 8000 psi dan rasio Poison sebesar 0.18. Pada Gambar 2.3 dapat dilihat bentuk *element solid* yang diberi titik nodal.



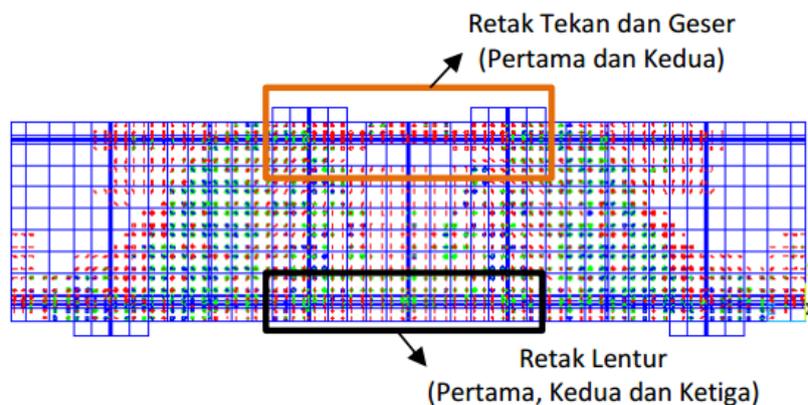
Gambar 0.3: Elemen Solid 65

2.8 Penelitian yang Terkait

Untuk mendukung penelitian ini, ada beberapa literature yang berasal dari jurnal-jurnal nasional maupun internasional untuk menjadi acuan, diantaranya sebagai berikut :

1. Anggarini et al., (2018)

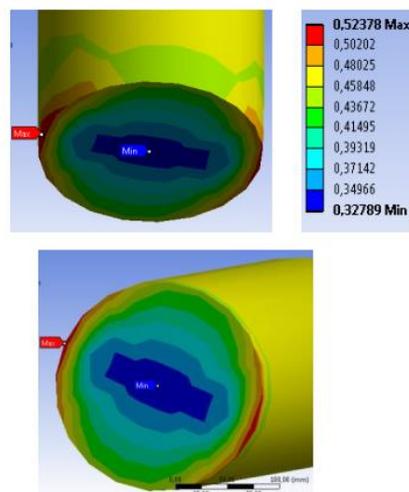
Dalam penelitian Elia, dkk pada tahun 2018 yang berjudul pemodelan balok tinggi pada beton mutu tinggi dengan pengekangan menggunakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga 3D yang menganalisa pola keruntuhan dan daktilitas balok tinggi beton mutu tinggi akibat pengekangan. Penelitian tersebut dbantu dengan pemograman Ansys dengan variasi jarak dan diameter sengkang dan dapat menghasilkan mutu tinggi berupa nilai lendutan, nilai tegangan, pola retak dan kekuatan suatu balok tinggi berdasarkan analisis menggunakan *Ansys*.



Gambar 0.4: Pemodelan Pola Retak Beton

2. Kusbiantoro & Amariansyah, (2017)

Kusbiantoro & Amariansyah, (2017) meneliti sebuah kolom dengan simulasi software ansys. Pada simulasi ini menggunakan kolom beton berbentuk silinder dengan diameter 20 cm dan tinggi 150 cm. Kolom mendapat beban aksial sentris sebesar 15000 N. Pada program elemen hingga, elemen dibagi menjadi bagian-bagian yang kecil sehingga dari analisa akan diketahui hasil akhir berupa momen, gaya geser dan lendutan di tiap titik-titik sesuai dengan pembagian elemen nya (meshing). Lendutan terbesar 0,023583 mm di bagian atas kolom, sedangkan di dasar kolom tidak terjadi lendutan. Tegangan yang terbesar di dasar kolom bagian samping sebesar 0,52378 MPa, dan tegangan terkecil di dasar kolom bagian tengah sebesar 0,32789 Mpa.

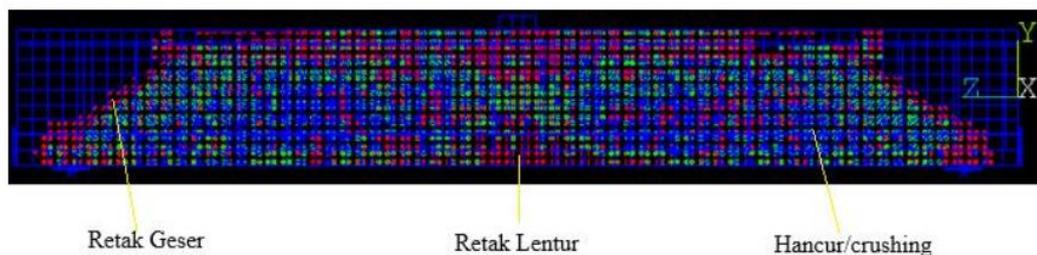


Gambar 0.5: *Equivalent Stress* Kolom Berdasarkan Pemodelan Ansys

3. Suku, (2018)

Pada penelitiannya yang berjudul pemodelan dan analisis perilaku balok beton bertulang yang berbeda diameter akibat variasi tata letak tulangnya, yohannes membuat analisis pengaruh tata letak tulangan pada balok beton bertulang dengan diameter berbeda. Pemodelan dan analisis menggunakan program ANSYS, balok uji eksperimental tipe OA1 (tanpa sengkang) dan A1 (dengan sengkang) dari Universitas Toronto (Vichio & Shim, 2004) digunakan sebagai acuan (benchmark) dan model yang divariasikan tata letak tulangnya. Jumlah model yang dianalisis sebanyak empat belas model, terdiri dari tujuh model tanpa sengkang dan tujuh model yang bersengkang. Perilaku balok yang diamati berupa kapasitas beban,

defleksi, daktilitas, kekakuan dan pola retak. Hasil analisis diperoleh bahwa: tata letak tulangan mempengaruhi perilaku balok beton bertulang; tulangan satu lapis mempunyai kapasitas beban dan kekakuan lebih besar tetapi daktilitasnya lebih kecil dari tulangan dua lapis; tata letak tulangan secara umum tidak mempengaruhi pola retak; keruntuhan balok tanpa sengkang disebabkan oleh tegangan tarik diagonal sedangkan balok bersengkang oleh geser dan pecah akibat tekan; posisi tata letak tulangan sesuai jumlah lapis yang menghasilkan kapasitas beban dan daktilitas yang terbesar adalah model OA1 dan OA1,4 pada balok tanpa sengkang dan model A1 dan A1,5 pada balok bersengkang.



Gambar 0.6: Pola Retak Balok Berdasarkan Pemodelan *Ansys*

4. Thomas & Tarigan, (2019)

Pada penelitiannya yang berjudul analisis perbandingan tegangan baut sambungan balok kolom antara metode manual dengan metode numerik (*ansys*), dengan tujuan untuk menganalisis tegangan geser dan tarik baut pada sambungan balok kolom dengan metode elemen hingga menggunakan program *Ansys Workbench 15.0* yang kemudian dibandingkan dengan metode perhitungan secara manual dengan konsep LRFD. Hasil yang di dapat penulis tegangan yang terjadi pada masing masing baut melalui metode elemen hingga (*Ansys*) baik tegangan tekan maupun tegangan tarik dibawah tahanan tegangan tekan maupun tegangan tarik yang dihitung menggunakan metode manual. Hasil deformasi yang didapat dari program *ANSYS* adalah cenderung menurun dari baut baris teratas hingga terbawah dimana deformasi maksimum terjadi pada baut baris teratas.

5. Christianto, (2017)

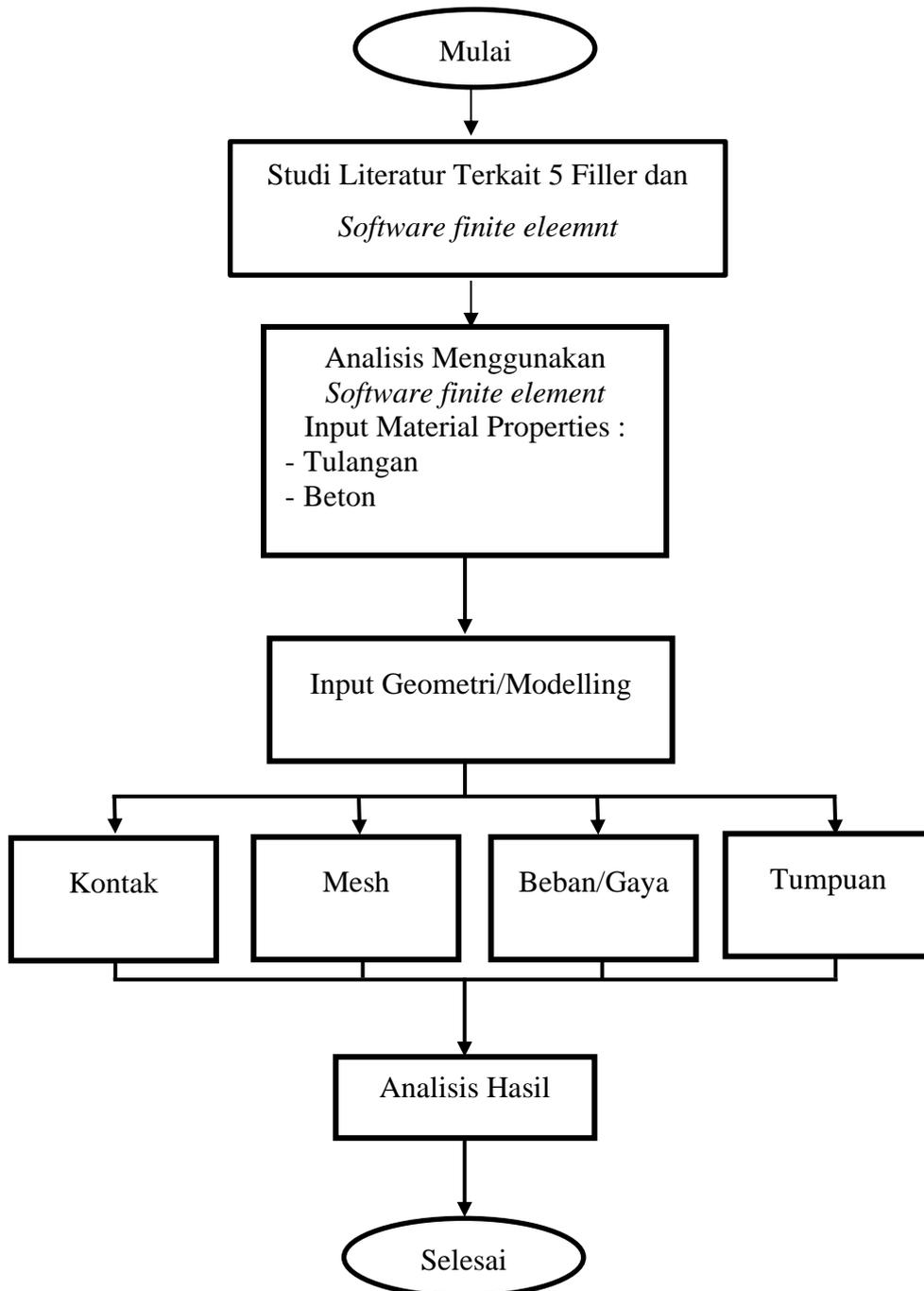
Dalam penelitian ini, uji numerik dilakukan terhadap dua hubungan balok kolom interior satu arah berdasarkan uji eksperimental oleh Saddam M. Ahmed. Uji dilakukan dengan menggunakan Program *Atena 3D* yang terbagi menjadi tiga

fungsi utama, yaitu pre-processing, analisis, dan post-processing. Beton dimodelkan sebagai elemen solid, sedangkan tulangan baja sebagai elemen batang diskret. Hubungan antara tulangan baja dengan beton dimodelkan melekat sempurna. Pelat memiliki pengaruh yang signifikan pada hasil uji numerik maupun uji eksperimental. Hasil analisis dari pembebanan siklik menunjukkan adanya perbedaan perilaku yang signifikan antara hasil uji eksperimental dengan numerik. Namun, hasil uji numerik mampu menghasilkan nilai moment puncak dan rotasi puncak yang terjadi pada uji eksperimental. Pada Spesimen J perbedaan terbesar moment puncaknya hanya 3,7 kNm (9,56%), sedangkan pada Spesimen JS sebesar -0,7 kNm (- 1,87%).

BAB3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah –langkah penelitian yang akan dilaksanakan sebagai berikut :



Gambar 0.1: Diagram Alir Penelitian

3.2 Studi Literatur Penelitian yang Terkait

Untuk melakukan simulasi dengan software finite element dilakukan *review* dan analisa penelitian beton sebelumnya yang terkait dengan 5 filler. Dalam proses penyelesaian secara simulasi maka diperlukan beberapa data material untuk melengkapi *material propertis* pada *software finite element*.

Setiap masing-masing *filler* akan membentuk data material propertis yang berbeda-beda. Data material inilah yang akan membentuk spesifikasi beton. Beton dengan *filler* terbaik juga dapat menyerupai mutu beton normal.

3.2.1 Abu Sekam Padi

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang beton dengan *filler* abu sekam padi, hasil maksimum yang didapatkan yaitu penelitian oleh Samsudin & Hartantyo, (2017). Dalam penelitiannya didapatkan kuat tekan sebesar 19,16 Mpa dengan *filler* sebesar 8% dan benda uji bentuk silinder dengan diameter 15 cm. material propertis yang akan dimasukkan ke dalam *software finite element* dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 0.1: Material propertis pada beton dengan *filler* abu sekam padi oleh (Samsudin & Hartantyo, 2017)

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1	Density	2,32E-02	kg/m3
2	Young modulus	20573	Mpa
3	Poisson Rasio	0,2	Mpa
4	Compressive Ultimate Strength	19,16	Mpa

3.2.2 Serbuk cangkang telur

Pada penelitian beton dengan *filler* serbuk cangkang telur yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti, hasil maksimum yang didapatkan yaitu penelitian yang dilakukan oleh Tumbel et al., (2020). Untuk material propertis yang diinput ke dalam *software finite element* dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini

Tabel 0.2: Material propertis beton dengan filler serbuk cangkang telur oleh (Tumbel et al., 2020)

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1	Density	210000	kg/m ³
2	Young modulus	22119,97966	Mpa
3	Poisson Rasio	0,2	Mpa
4	Compressive Ultimate Strength	22,15	Mpa

3.2.3 Serat serabut kelapa

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait *filler* serat srabut kelapa penelitian yang mendapatkan hasil baik adalah penelitian oleh Rustendi, (2004). material propertis yang didapatkan dari penelitiannya dapat dilihat pada Tabel 3.3. dibawah ini.

Tabel 0.3: Material propertis beton dengan *filler* serat serabut kelapa oleh (Rustendi, 2004)

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1	Density	2236000	kg/m ³
2	Young modulus	17043,5765	Mpa
3	Poisson Rasio	0,2	Mpa
4	Compressive Ultimate Strength	13,15	Mpa

3.2.4 Fly ash

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait beton dengan *filler fly ash*, penelitian yang digunakan dalam simulasi ini adalah yang dilakukan oleh Apriwelni & Wirawan, (2020) material propertis yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 3.4. dibawah ini.

Tabel 0.4: Material propertis beton dengan *filler fly ash* oleh (Apriwelni & Wirawan, 2020)

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1	Density	227000	kg/m ³
2	Young modulus	30930,85676	Mpa
3	Poisson Rasio	0,2	Mpa
4	Compressive Ultimate Strength	43,31	Mpa

3.2.5 Serbuk Cangkang Sawit

Dari beberapa penelitian yang dilakukan terkait dengan beton dengan *filler* serbuk cangkang sawit maka diambil hasil penelitian oleh (Itteridi & Rusandinata, 2018). Untuk material propertis yang dimasukkan ke dalam *software finite elemnt* dapat dilihat pada Tabel 3.5 dibawah ini.

Tabel 0.5: Material propertis beton dengan *filler* serbuk cangkang sawit oleh (Itteridi & Rusandinata, 2018).

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1	Density	2,32E-02	kg/m3
2	Young modulus	20573	Mpa
3	Poisson Rasio	0,2	Mpa
4	Compressive Ultimate Strength	20,59	Mpa

3.3 Pemodelan Dengan *Software Finite Element*

Sebelum dilakukan simulasi maka dilakukan beberapa langkah awal untuk proses simulasi menggunakan *software finite element*.

3.3.1 *Input Material Propertis*

Dalam proses ini kita membutuhkan data material dari hasil penelitian sebelumnya untuk kemudian disimulasikan. Langkah ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 0.2: Input Data Material

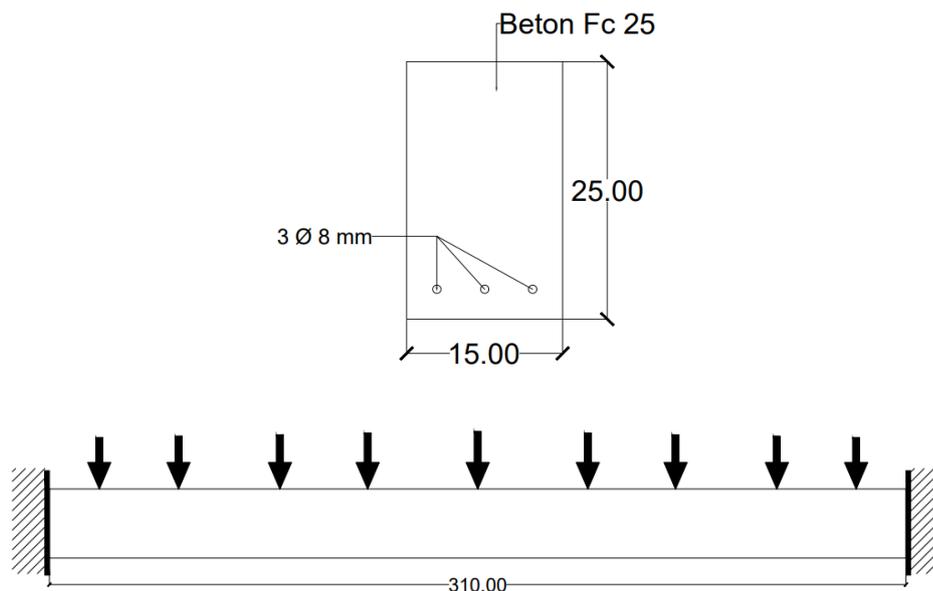
Properties of Outline Row 4: Beton				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density		kg m ⁻³	
4	Isotropic Elasticity			
5	Derive from	Youn...		
6	Young's Modulus		MPa	
7	Poisson's Ratio			
8	Bulk Modulus		Pa	
9	Shear Modulus		Pa	
10	Compressive Ultimate Strength		MPa	

Gambar 0.3: Input Data Material ke Dalam *Software Finite Element*

Data-data material yang harus dilengkapi saat membuat material baru diantaranya adalah *density*, *isotropic elasticity*, dan *compressive ultimate strength*.

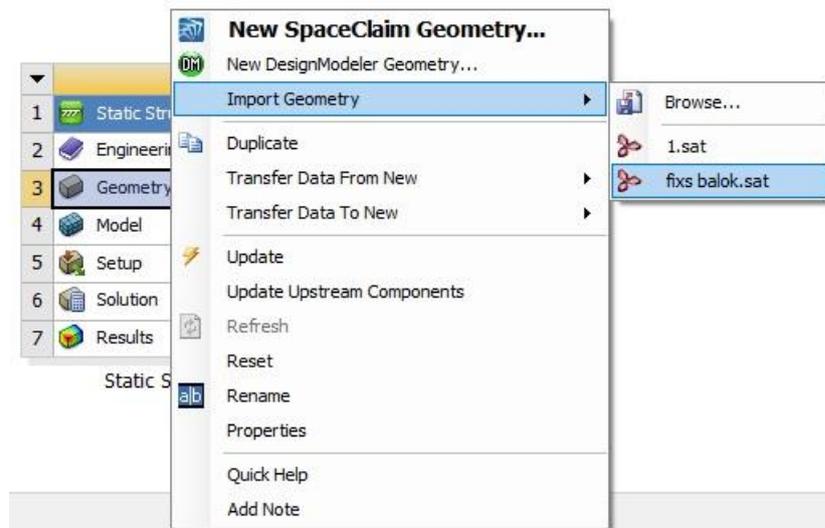
3.3.2 Input Geometri/ Modeling

Geometri sebelumnya digambar terlebih dahulu dengan menggunakan *software* khusus desain 3D. Balok didesain dengan dimensi panjang 3100 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 120 mm dan menggunakan tiga buah tulangan longitudinal dibagian bawah dengan D13 mm. . Pada Gambar 3.3 dibawah ini dapat dilihat bentuk geometri yang akan dilakukan analisis.



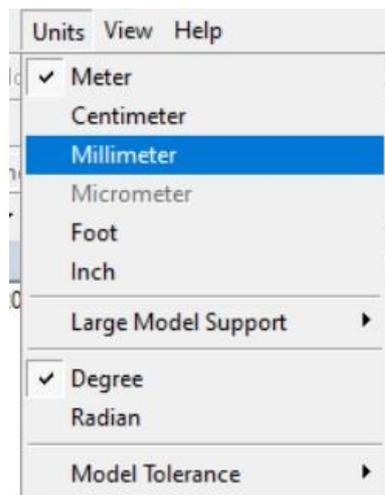
Gambar 0.4: Desain Balok Yang Akan Dilakukan Simulasi

Geometri yang akan dilakukan analisis di import dari desain gambar 3D untuk kemudian dimasukkan ke dalam *software finite element*. Proses memasukan geometri ke dalam *software finite element* dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 0.5: Proses import geometri

Geometri yang telah di import ke dalam *software finite element* kemudian di cek unitnya agar sesuai dengan proses analisis. Pengecekan unit dilakukan seperti pada Gambar 3.5 di bawah ini.



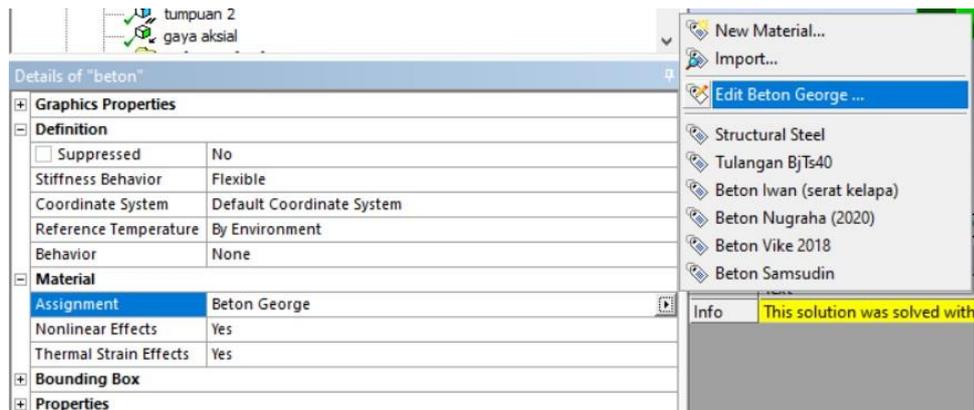
Gambar 0.6: Satuan/ Units Geometri

3.3.3 Proses Analisis

Proses analisis dilakukan pada model pada *software finite element*. Langkah-langkah yang dilakukan untuk proses analisis adalah sebagai berikut :

1. Pilih material untuk geometri

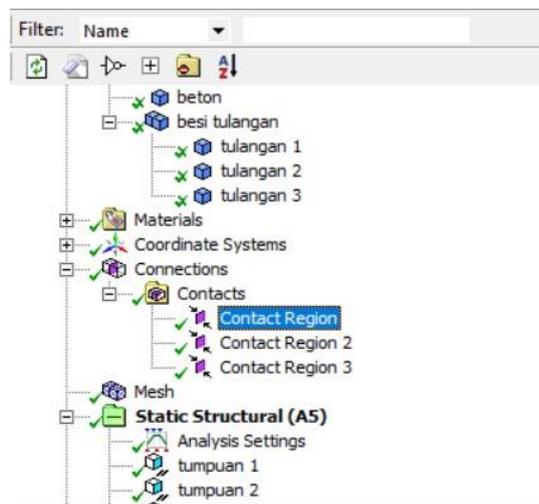
Proses pemilihan material dapat dilihat pada Gambar 3.6 di bawah ini.



Gambar 0.7: Pemilihan Material Untuk Geometri

2. Pengaturan kontak antara geometri

Kontak adalah hubungan antara dua sisi geometri yang berkaitan atau saling mengikat. Pada penelitian ini digunakan *bonded* untuk hubungan antara beton dengan tulangan baja. Adapun cara pengaturan kontak dilakukan dengan cara seperti pada Gambar 3.7 dibawah ini.

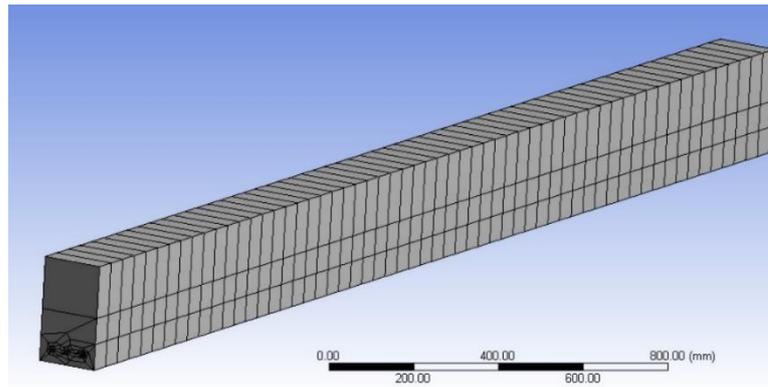


Gambar 0.8: Pengaturan Kontak Antara Geometri

3. Mesh

Geometri di bagi menjadi elemen-elemen dengan sejumlah titik nodal. Pada penelitian ini digunakan *size* default pada proses *meshing*. Pada Gambar 3.8 dibawah ini dapat dilihat bentuk geometri setelah dilakukan *mesh*.

Details of "Mesh"	
[-] Display	
Display Style	Use Geometry Setting
[-] Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Element Order	Program Controlled
<input type="checkbox"/> Element Size	Default
[+] Sizing	
[+] Quality	
[+] Inflation	
[+] Advanced	
[+] Statistics	



Gambar 0.9: Proses *Mesh* pada Geometri

4. *Setting analisis*

Pada proses ini ada beberapa *setting* yang dilakukan sebelum proses analisis yaitu:

a. Pengaturan *time step*

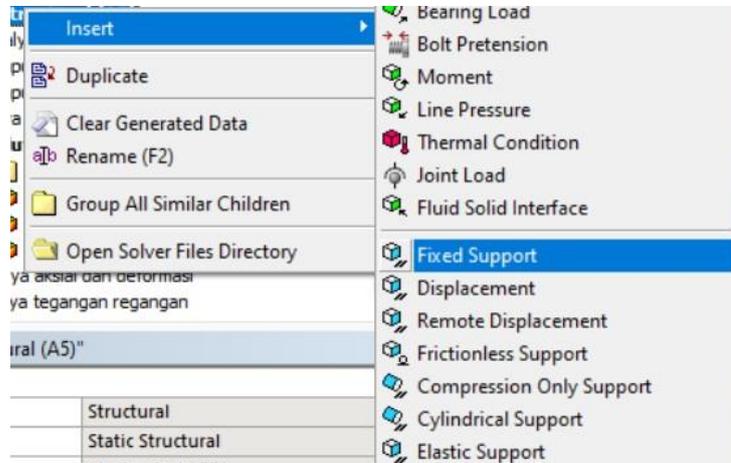
Time step di *setting* agar proses pemberian beban secara bertahap. Pengaturan *time step* dilakukan seperti pada Gambar 3.9 dibawah ini.

Details of "Analysis Settings"	
[-] Step Controls	
Number Of Steps	5.
Current Step Number	1.
Step End Time	1. s
Auto Time Stepping	On
Define By	Substeps
Initial Substeps	5.
Minimum Substeps	5.
Maximum Substeps	10.
[-] Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Off
Solver Pivot Checking	Program Controlled
Large Deflection	Off

Gambar 0.10: Proses Pengaturan *Time Step*

b. Proses pemberian tumpuan

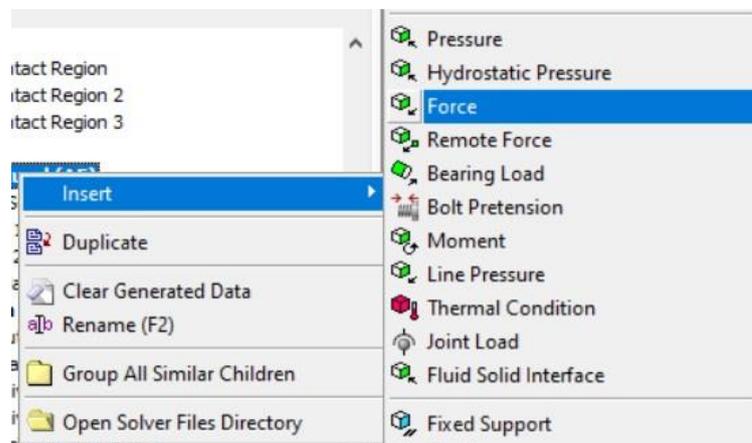
Pada penelitian ini balok diberikan dua tumpuan di bagian kedua ujungnya. Balok diperlakukan secara jepit atau *fixed support* dalam *software finite element*. proses pemberian tumpuan dapat dilihat pada Gambar 3.10 dibawah ini.



Gambar 0.11: Proses Pemberian Tumpuan

c. Pemberian gaya aksial

Pada penelitian ini digunakan gaya aksial yang dikerjakan secara merata di atas balok. Proses pemberian gaya dilakuak seperti pada Gambar 3.11 dibawah ini.



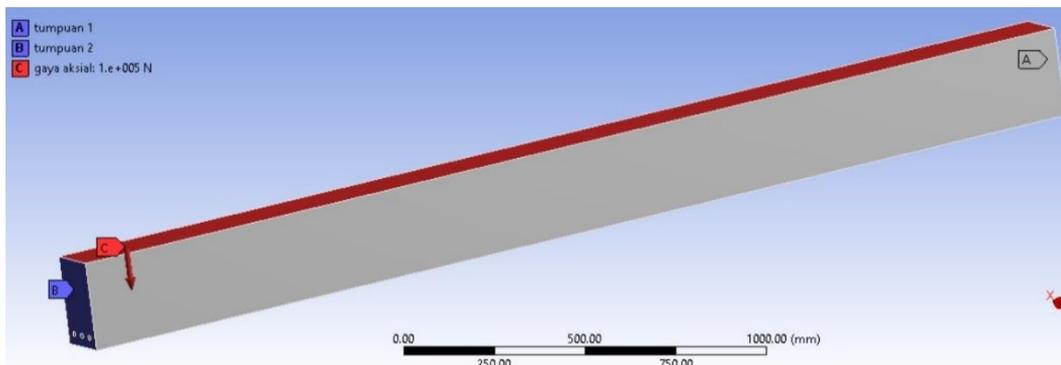
Gambar 0.32: Proses Memasukan Gaya Aksial

Setelah beberapa *setting* diatas dilakukan kemudian masukan besar gaya yang akan dikerjakan. Untuk memasukan besar gaya yang akan dikerjakan dapat dilihat pada Gambar 3.12 dibawah ini.

Tabular Data			
	Steps	Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Force [N]
1	1	0.	0.
2	1	1.	1.e+005
3	2	2.	2.e+005
4	3	3.	3.e+005
5	4	4.	4.e+005
6	5	5.	5.e+005

Gambar 0.43: Memasukan Besar Gaya yang Akan Dikerjakan

Setelah semua *setting analysis* dilakukan kemudian di cek kembali kelengkapan antara tumpuan dan pembebanan. Pengecekan dapat dilihat pada Gambar 3.13 dibawah ini.

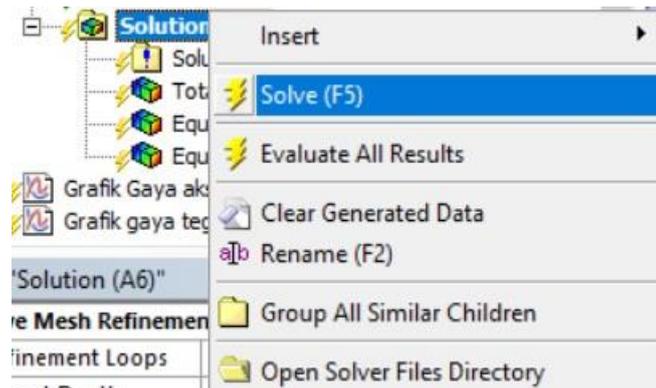


Gambar 0.54: Pengecekan Tumpuan dan Pembebanan

Setelah arah beban dan tumpuan selesai di *setting* baru kemudian masuk ke tahapan selanjutnya yaitu *solution*.

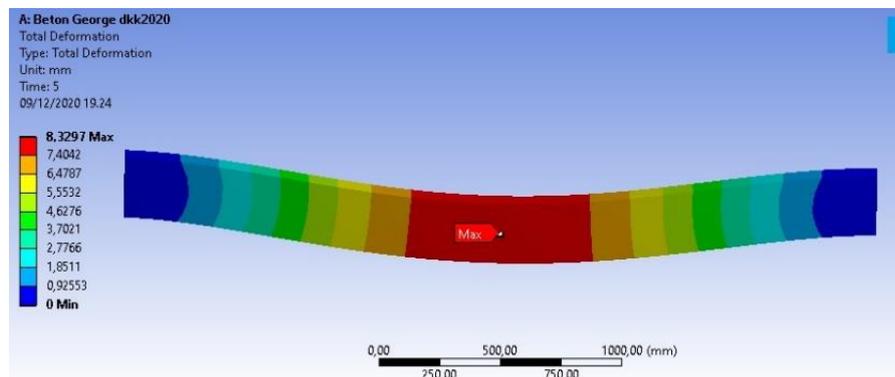
5. *Solution*

Pada tahap ini dipilih total *deformation* untuk hasil simulasi. simulasi akan dilakukan secara *automatis* oleh *software finite element* setelah kita lakukan *solve*. Setelah proses *solving* selesai maka akan muncul hasil analisis dari *software finite element*. Cara memilih solusi pada *software finite element* dapat dilihat pada Gambar 3.14 dibawah ini.



Gambar 0.65: *Setting Solution*

Setelah proses *solving* selesai maka akan muncul hasil simulasi seperti pada Gambar 3.15 dibawah ini.



Gambar 0.76: Hasil Simulasi

Pada animasi geomeri yang dihasilkan oleh *software finite element* dapat dilihat bagian yang mengalami deformasi maksimum dan minimum. Selain animasi diagram kontur *software finite element* juga memberikan nilai deformasi akibat gaya aksial yang bekerja.

3.4 Analisa Hasil

Hasil dari simulasi kemudian dilakukan perbandingan antara material dengan ke-5 filler tersebut. Dari hasil yang telah didapatkan dari proses analisis *software finite element* di analisa karakteristik dan besar deformasi yang terjadi akibat gaya aksial yang bekerja. Setelah dilakukan perbandingan deformasi antara ke-5 filler tersebut kemudian di bandingkan dengan hasil pengujian secara eksperimen yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Geometri

Pengujian kuat tekan balok beton dengan *software finite element* dilakukan menggunakan data geometri pada Tabel 4.1

Tabel 0.1: Data Geometri Balok

No	Data Geometri	Besaran	Satuan
1	Panjang X	150	mm
2	Panjang Y	250	mm
3	Panjang Z	3100	mm
4	Volume	116250000	mm ³
5	Centroid X	75	mm
6	Centroid Y	125	mm
7	Centroid Z	1550	mm
8	M. Inersia X	1,95E+08	mm ⁴
9	M. Inersia Y	3,72E+11	mm ⁴
10	M. Inersia Z	4037233333	mm ⁴
11	Jumlah Nodal	91824	titik
12	Jumlah Element	17391	element

Tabel 0.2: Mutu Baja / BTJS 40

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1	Density	7850	kg/m ³
2	Young modulus	200000	Mpa
3	Poisson Rasio	0,3	Mpa
4	Tensile Yield Strength	428	Mpa
5	Tensile Ultimate Strength	586	Mpa

4.2 Hasil Simulasi *Software Finite Element*

4.2.1 Hasil Simulasi Balok Beton Dengan *Filler* Abu Sekam Padi

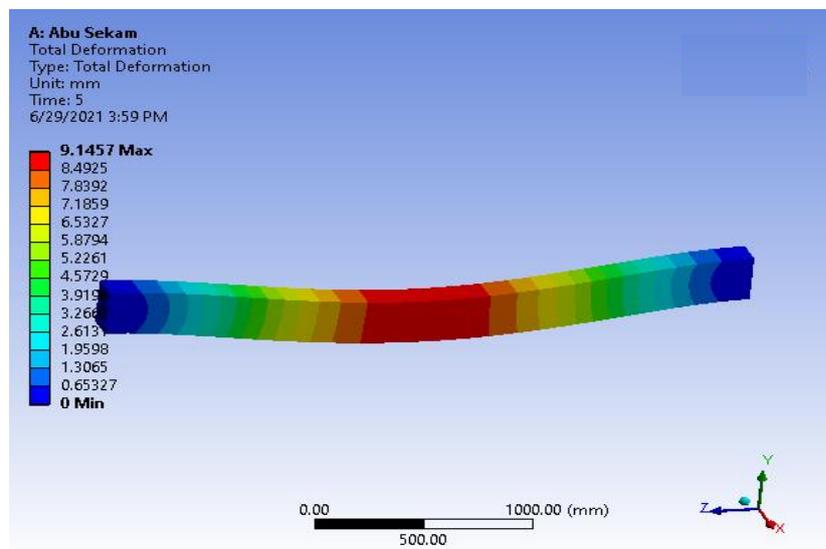
Engineering data pada beton dengan *filler* abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 0.3: Data material beton dengan *filler* abu sekam padi pada engineering data.

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1	Density	2,32E-02	kg/m ³
2	Young modulus	20573	Mpa
3	Poisson Rasio	0,2	Mpa
4	Compressive Ultimate Strength	19,16	Mpa

a. Hasil Deformasi

Deformasi yang terjadi pada balok beton dengan *filler* abu sekam padi dapat dilihat pada animasi dan diagram kontur pada Gambar 4.1 dibawah ini.

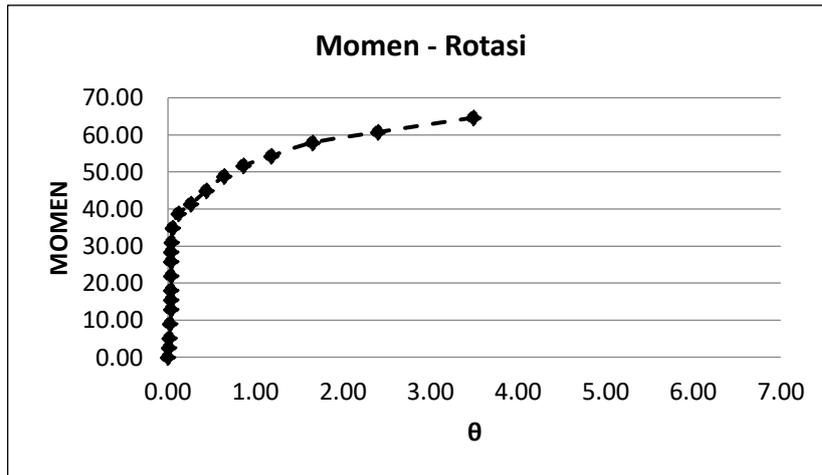


Gambar 0.1: Deformasi Yang Terjadi Pada Balok Beton Dengan *Filler* Abu Sekam Padi Akibat Gaya Aksial

Pada gambar diatas dapat dilihat terjadi lendutan maksimum pada bagian tengah bentang balok yang ditumpu jepi-jepit pada kedua ujungnya. Lendutan atau deformasi terjadi pada balok beton dengan *filler* abu sekam padi akibat gaya aksial yang bekerja. Besar deformasi maksimum yaitu sebesar 9,14 mm pada saat balok diberi beban sebesar 500.000 N dengan beban maksimum yang dapat ditahan balok sebelum hancur adalah 25.0030 N.

b. Momen Rotasi

Momen Rotasi yang terjadi pada balok beton dengan *filler* abu sekam padi dapat dilihat pada diagram kontur pada Gambar 4.2 dibawah ini.

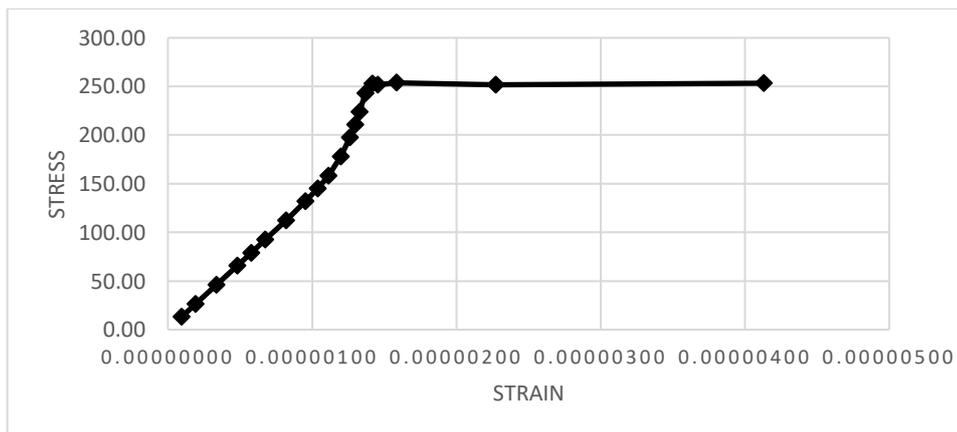


Gambar 0.2: Grafik Hubungan Momen Rotasi Beton Dengan *Filler* Abu Sekam Padi Berdasarkan *Software Finite Elemen*

Dari gambar 4.2 dapat diketahui bahwa beton dengan *filler* abu sekam padi, mampu menahan momen sebesar 64.63 KN.m dengan rotasi yang mencapai 3.49 rad.

c. Hubungan antara tegangan dan regangan

Hubungan tegangan regangan yang terjadi pada balok beton dengan *filler* abu sekam padi dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 0.3: Hubungan Tegangan Regangan Pada Balok Beton Dengan *Filler* Abu Sekam Padi

Pada campuran balok beton dengan *filler* abu sekam padi didapat nilai tegangan maksimum adalah 0.00000413 Mpa dan regangan maksimum adalah 253.46 mm/mm yang didapat berdasarkan simulasi *software finite elemen*.

4.2.2 Hasil Simulasi Balok Beton Dengan *Filler* Serbuk Campuran Cangkang Telur

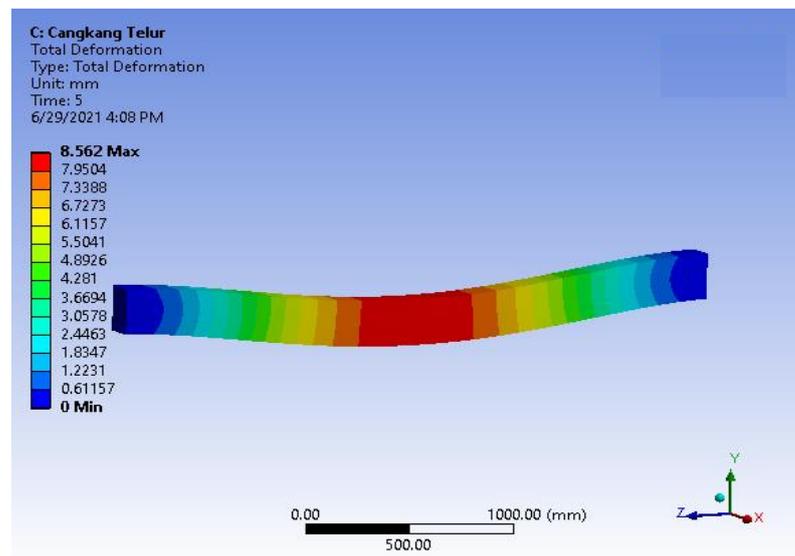
Engineering data pada beton dengan campuran cangkang telur dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 0.4: Data material beton dengan Serbuk cangkang telur pada engineering data.

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1	Density	2,10E+03	kg/m ³
2	Young modulus	22119,97966	Mpa
3	Poisson Rasio	0,2	Mpa
4	Compressive Ultimate Strength	22,15	Mpa

a. Hasil Deformasi

Deformasi yang terjadi pada balok dengan campuran cangkang telur dapat dilihat pada animasi geometri dan diagram kontur pada Gambar 4.4 dibawah ini.



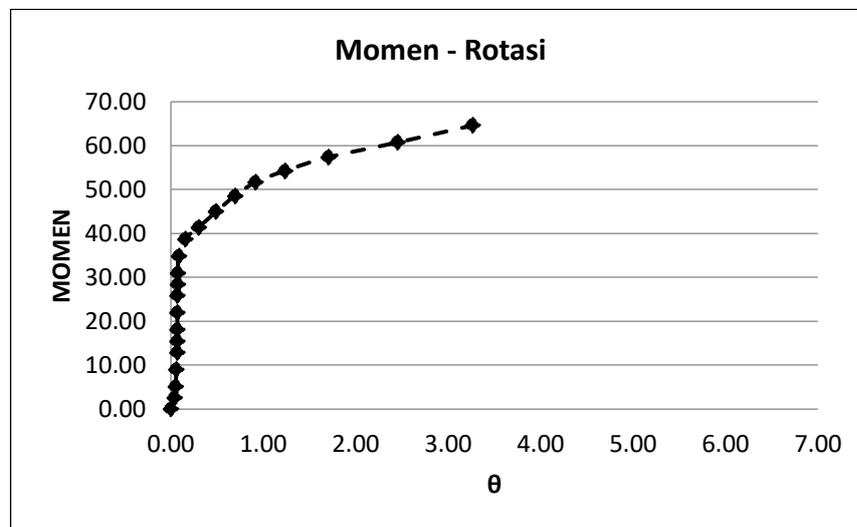
Gambar 0.4: Deformasi Yang Terjadi Pada Balok Beton Dengan Campuran Cangkang Telur

Deformasi yang terjadi akibat gaya aksial yang bekerja pada balok beton dengan campuran cangkang telur adalah sebesar 8,56 mm pada saat beban maksimum yang mampu ditanggung balok adalah 250120 N. Substitusi parsial

semen menggunakan serbuk cangkang telur menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terdapat pada presentase SCT 5%, yaitu sebesar 22.15 MPa.

b. Momen Rotasi

Momen Rotasi yang terjadi pada balok beton dengan campuran cangkang telur dapat dilihat pada diagram kontur pada Gambar 4.5 dibawah ini.

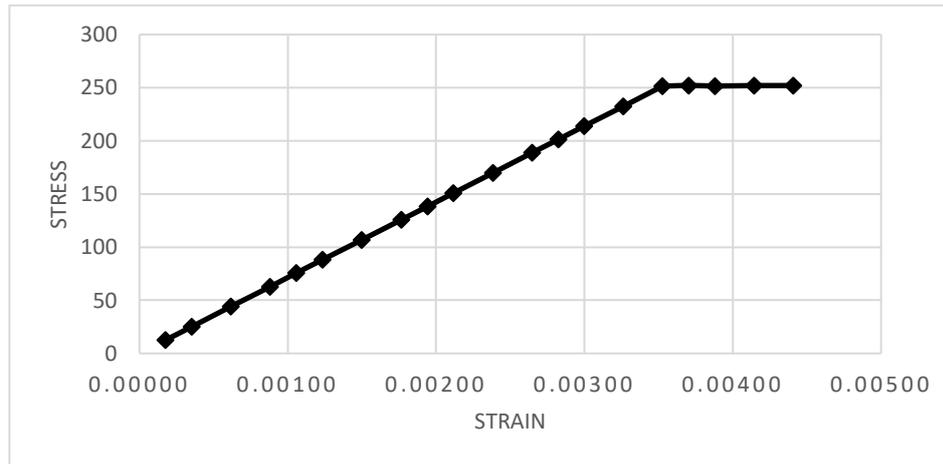


Gambar 0.5: Grafik Hubungan Momen Rotasi Beton Dengan *Filler* Cangkang Telur Berdasarkan *Software Finite Elemen*

Dari gambar 4.5 dapat diketahui bahwa beton dengan *filler* cangkang telur, mampu menahan momen sebesar 64.61 kN.m dengan rotasi yang mencapai 3.27 rad.

c. Hubungan antara tegangan dan regangan

Sedangkan hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat pada Gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 0.6: Grafik Hubungan Antara Tegangan Dan Regangan Pada Balok Beton Dengan *Filler* Serbuk Cangkang Telur

Pada campuran balok beton dengan *filler* serbuk cangkang telur didapat nilai tegangan maksimum adalah 0.0044095 Mpa dan regangan maksimum adalah 251.89 mm/mm yang didapat berdasarkan simulasi *software finite elemen*.

4.2.3 Hasil Simulasi Dari Balok Beton Dengan *Filler* Serat Serabut Kelapa.

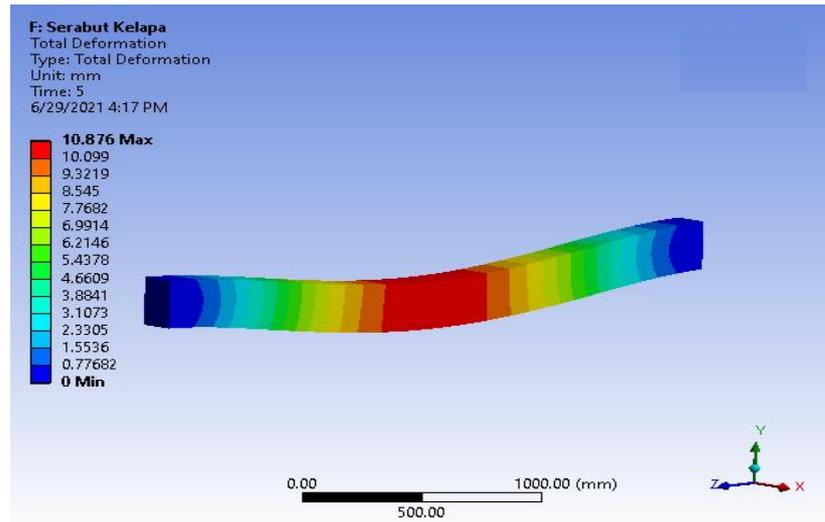
Engineering data pada beton dengan *filler* serat serabut kelapa dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 0.5: Data material beton dengan *filler* serat serabut kelapa pada engineering data

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1	Density	2236	kg/m ³
2	Young modulus	17043,5765	Mpa
3	Poisson Rasio	0,2	Mpa
4	Compressive Ultimate Strength	13,15	Mpa

a. Hasil Deformasi

Deformasi yang terjadi pada balok beton dengan filler Serat Serabut kelapa dapat dilihat pada animasi geometri dan diagram kontur dibawah ini pada Gambar 4. 7 dibawah ini.

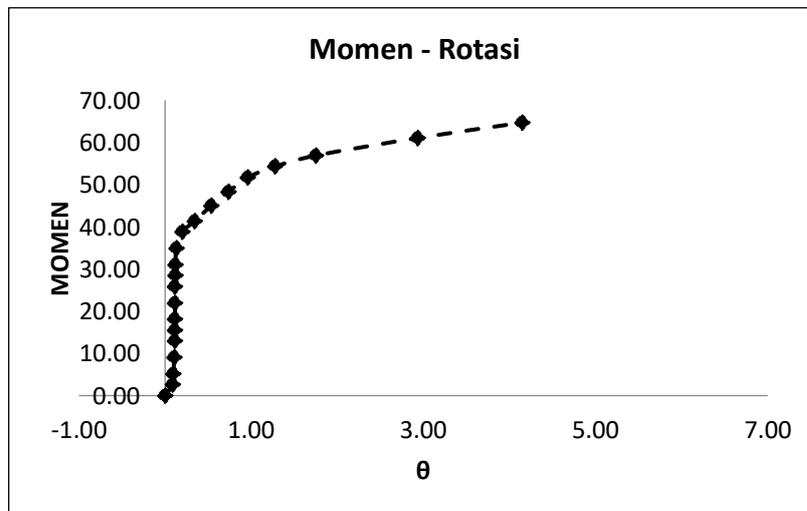


Gambar 0.7: Diagram Kontur Hasil Simulasi Deformasi Balok Beton Dengan *Filler* Serat Serabut Kelapa.

Deformasi yang terjadi pada balok beton dengan *filler* serat serabut kelapa mengakibatkan gaya aksial terjadi pada tengah bentang yaitu sebesar 10,87 mm pada saat beban maksimum yang ditanggung balok adalah 250410 N. pencampuran serat serabut kelapa pada beton sebanyak 15% menghasilkan kuat tekan beton sebesar 13,15 Mpa.

b. Momen Rotasi

Momen Rotasi yang terjadi pada balok beton dengan *filler* serat kelapa dapat dilihat pada diagram kontur pada Gambar 4.8 dibawah ini.

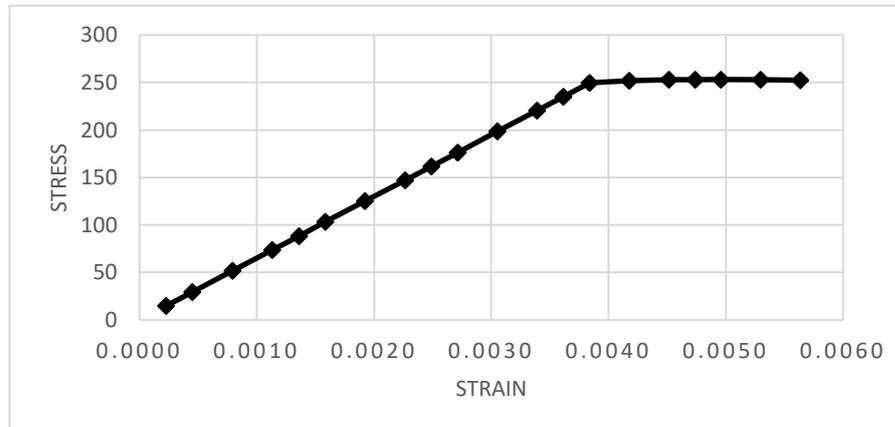


Gambar 0.8: Grafik Hubungan Momen Rotasi Beton Dengan *Filler* Serabut Kelapa Berdasarkan *Software Finite Elemen*

Dari gambar 4.8 dapat diketahui bahwa beton dengan *filler* serabut kelapa, mampu menahan momen sebesar 64.69 KN.m dengan rotasi yang mencapai 4.15 rad.

c. Hubungan antara tegangan dan regangan

Untuk hubungan tegangan-regangan dapat dilihat pada Gambar 4.9 dibawah ini.



Gambar 0.9: Hubunagn Antara Tegangan Dan Regangan Balok Beton Dengan *Filler* Serat Serabut Kelapa Mengakibatkan Gaya Aksial

Pada campuran balok beton dengan *filler* serat serabut kelapa didapat nilai tegangan maksimum adalah 0.00563520 Mpa dan regangan maksimum adalah 252.48 mm/mm yang didapat berdasarkan simulasi *software finite elemen*.

4.2.4 Hasil Simulasi Dari Balok Beton Dengan *Filler Fly Ash*.

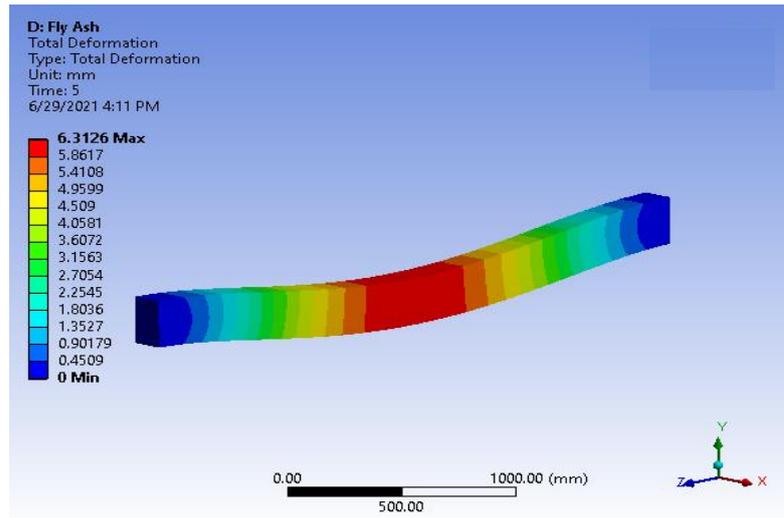
Engineering data pada beton dengan *filler fly ash* dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 0.6: Data Material Beton Dengan *Filler Fly Ash* Pada Engineering Data

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1	Density	2,27E+03	kg/m3
2	Young modulus	30930,85676	Mpa
3	Poisson Rasio	0,2	Mpa
4	Compressive Ultimate Strength	43,31	Mpa

a. Hasil Deformasi

Deformasi yang terjadi balok beton dengan *filler fly ash* mengakibatkan gaya aksial dapat dilihat pada Gambar 4.10 dibawah ini.

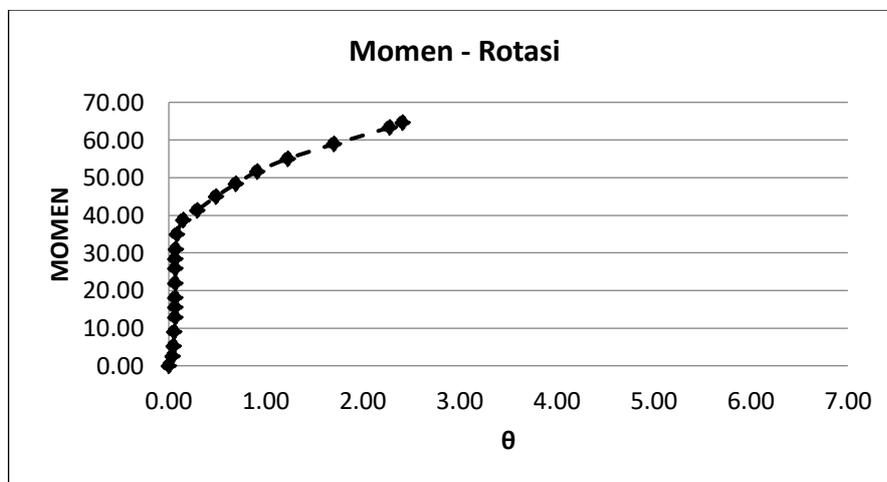


Gambar 0.10: Deformasi Yang Terjadi Pada Baik Beton Dengan *Filler Fly Ash* Mengakibatkan Gaya Aksial

Dapat dilihat pada Gambar 4.10 di atas bahwa deformasi maksimum yang terjadi pada balok beton dengan *filler fly ash* terjadi pada bagian tengah bentang akibat dari gaya aksial secara merata. Deformasi maksimum yang terjadi pada saat beban 250020 yaitu sebesar 6,31 mm. beton dengan *filler fly ash* mempunyai kuat tekan sebesar 43,31 Mpa pada Variasi campuran 1,53 % fly ash PLTU Tarahan dan serbuk kaca 1,02 %.

b. Momen Rotasi

Momen Rotasi yang terjadi pada balok beton dengan filler fly ash dapat dilihat pada diagram kontur pada Gambar 4.11 dibawah ini.

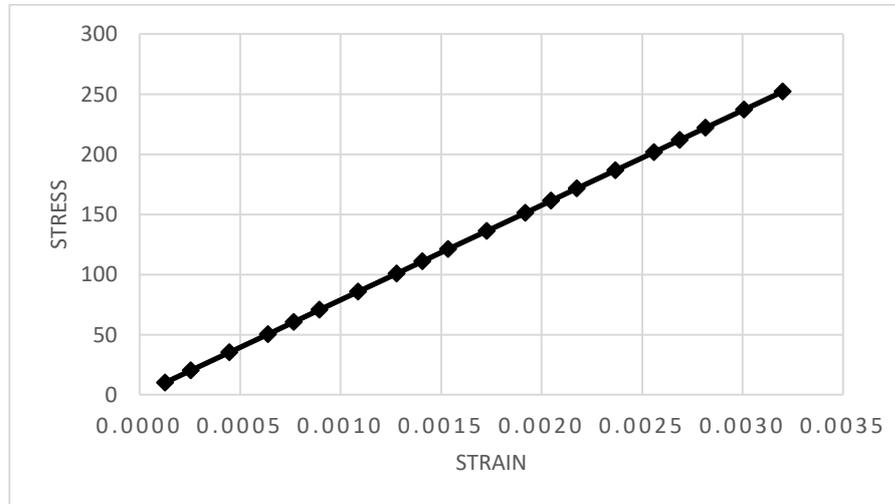


Gambar 0.11: Grafik Hubungan Momen Rotasi Beton Dengan *Filler Fly Ash* Berdasarkan *Software Finite Elemen*

Dari gambar 4.11 dapat diketahui bahwa beton dengan *filler* fly ash, mampu menahan momen sebesar 64.59 KN.m dengan rotasi yang mencapai 2.41 rad.

c. Hubungan antara tegangan dan regangan

Untuk hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat pada Gambar 4.12 dibawah ini.



Gambar 0.12: Hubungan Antara Tegangan Dan Regangan Balok Beton Dengan *Filler Fly Ash*.

Pada campuran balok beton dengan *filler* abu sekam padi didapat nilai tegangan maksimum adalah 0.00319910 Mpa dan regangan maksimum adalah 252.01 mm/mm yang didapat berdasarkan simulasi *software finite elemen*.

4.2.5 Hasil Simulasi Dari Balok Beton Dengan *Filler* Serbuk Cangkang Sawit.

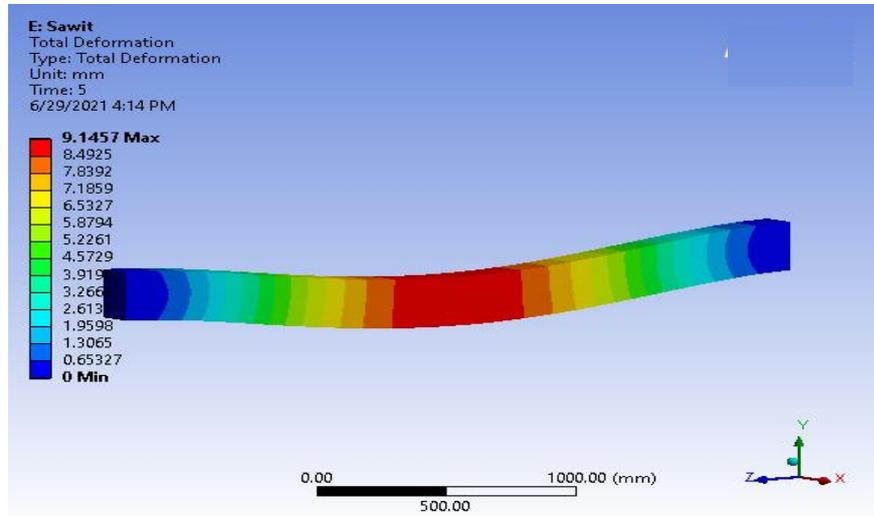
Engineering data pada beton dengan filler serbuk cangkang sawit dapat dilihat pada Tabel 4.7 dibawah ini

Tabel 0.7: Data material beton dengan *filler* serbuk cangkang sawit pada engineering data.

No.	Material Properties	Besaran	Satuan
1	Density	2,32E-02	kg/m3
2	Young modulus	20573	Mpa
3	Poisson Rasio	0,2	Mpa
4	Compressive Ultimate Strength	20,59	Mpa

a. Hasil Deformasi

Deformasi yang terjadi pada balok beton dengan *filler* serbuk cangkang sawit akibat gaya aksial secara simulasi dapat dilihat pada animasi dan diagram kontur pad Gambar 4.13 dibawah ini.

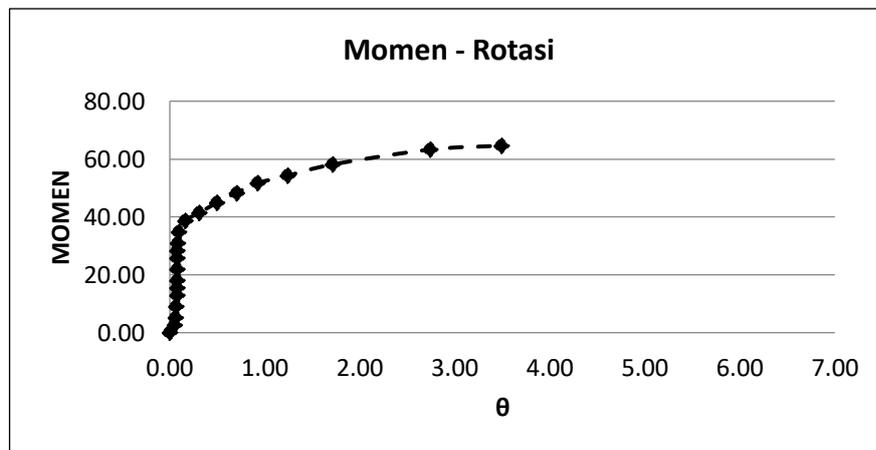


Gambar 0.13: Hasil Deformasi Balok Beton Dengan *Filler* Serbuk Cangkang Sawit Akibat Gaya Aksial Secara Simulasi

Secara simulasi balok beton dengan *filler* serbuk cangkang sawit mengalami deformasi sebesar 9,14 mm pada saat di kenai gaya aksial. Deformasi yang terjadi adalah pada tengah bentang dari balok tersebut.

b. Momen Rotasi

Momen Rotasi yang terjadi pada balok beton dengan filler serbuk cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada diagram kontur pada Gambar 4.14 dibawah ini.

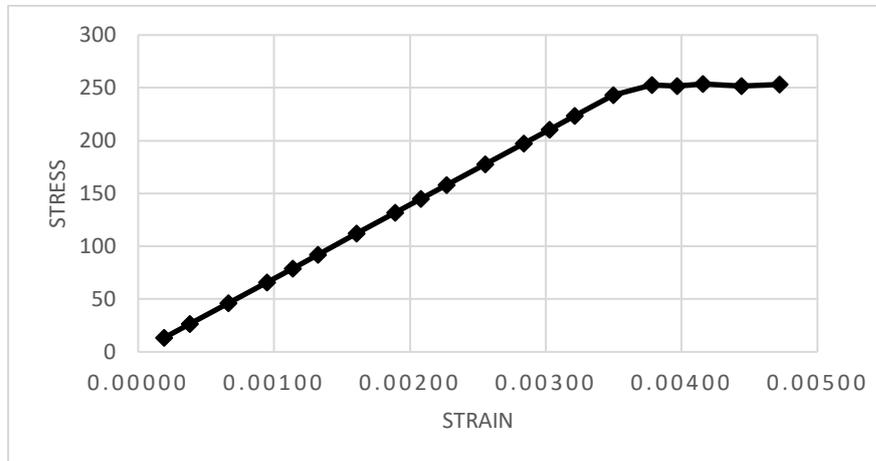


Gambar 0.14: Grafik Hubungan Momen Rotasi Beton Dengan *Filler* Serbuk Cangkang Sawit Berdasarkan *Software Finite Elemen*

Dari gambar 4.14 dapat diketahui bahwa beton dengan *filler* serbuk cangkang sawit, mampu menahan momen sebesar 64.63 KN.m dengan rotasi yang mencapai 3.49 rad.

c. Hubungan antara tegangan dan regangan

Untuk grafik hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat pada Gambar 4.15 dibawah ini.



Gambar 0.15: Hubungan Antar Tegangan Dan Regangan Pada Balok Beton Dengan *Filler* Serbuk Cangkang Sawit

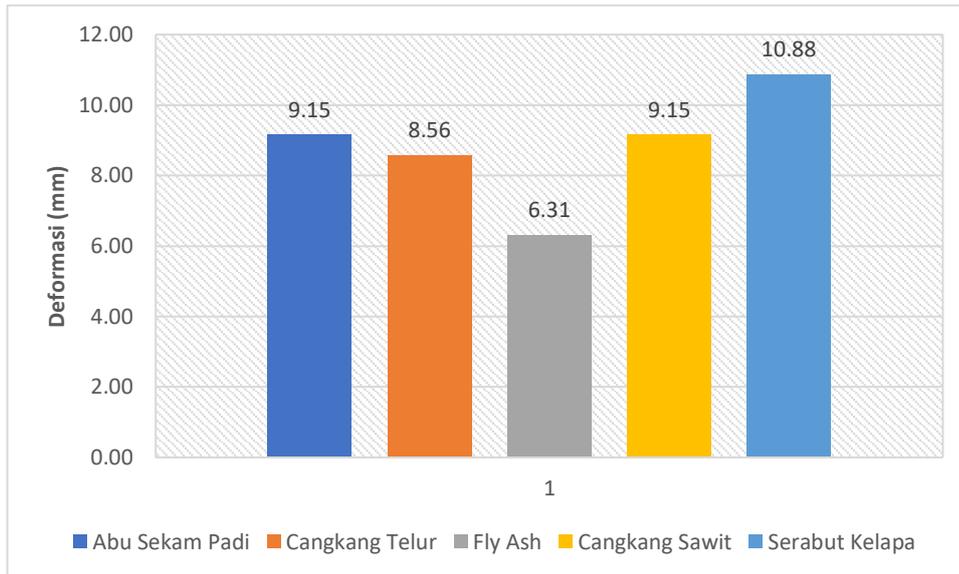
Pada campuran balok beton dengan *filler* serbuk cangkang sawit didapat nilai tegangan maksimum adalah 0.000472090 Mpa dan regangan maksimum adalah 253.46 mm/mm yang didapat berdasarkan simulasi *software finite elemen*.

4.3 Hasil Perbandingan Deformasi Secara Simulasi

Untuk hasil perbandingan deformasi pada masing-masing balok secara simulasi dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 0.8: Perbandingan Hasil Simulasi Material Balok Beton

Material Beton	Density (Kg/m ³)	Beban Maksimum (N)	Lendutan Maks (mm)	Tegangan Maks (Mpa)	Regangan Maks (mm/mm)
Abu Sekam Padi	2320	250180	9,15	0,00000413	253,46
Cangkang Telur	2100	250120	8,56	0,00440950	251,89
Fly Ash	2270	250020	6,31	0,00319910	252,01
Cangkang Sawit	2320	250180	9,15	0,00472090	253,46
Serabut Kelapa	2236	250410	10,88	0,00563520	252,48



Gambar 0.16: Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Material Balok Beton

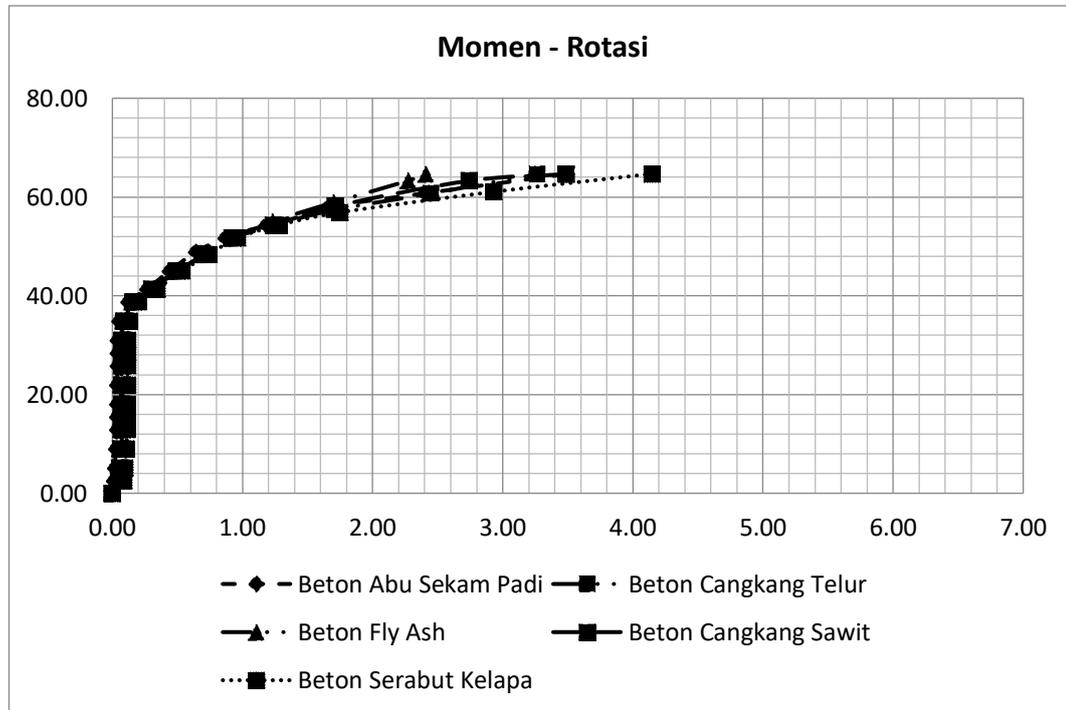
Pada balok beton dengan *filler* abu sekam padi sebanyak 8% besar deformasi yang terjadi sebesar 9,15 mm. Substitusi material membentuk spesifikasi balok beton tersebut sehingga memiliki kuat tekan sebesar 19,16 Mpa dan berat jenis sebesar 2315,64 kg/m³ sehingga mempengaruhi deformasi yang terjadi pada balok tersebut.

Pada balok beton dengan filler serbuk cangkang telur sebesar 5% didapatkan spesifikasi beton yang lebih tinggi dibandingkan beton dengan filler abu sekam padi sebesar 8%. Beton dengan filler serbuk cangkang telur sebesar 5% mendapatkan deformasi sebesar 8,56 mm. mensubstitusikan serbuk cangkang telur sebesar 2,5%-10% dapat menurunkan kuat tekan beton sebesar 15,81-46,10% dari beton normal.

Balok beton dengan *filler* serabut kelapa memiliki spesifikasi beton terendah pada pengujian ini. Pada balok beton ini didapatkan deformasi sebesar 10,88 mm akibat gaya aksial sebesar 250410 N. Campuran serabut tempurung kelapa dapat menurunkan kekuatan beton, karena serabut kelapa tidak mempunyai daya ikat ataupun meningkatkan kekuatan beton. Pada balok beton dengan filler fly ash sebesar 1,53 % fly ash dan serbuk kaca 1,02 % hanya mengalami deformasi sebesar 6,31. Balok beton ini lebih unggul dibandingkan balok beton lainnya. menambahkan jumlah serbuk kaca dapat meningkatkan kuat tekan beton. Pada pengujian balok beton dengan *filler* serbuk cangkang sawit mengalami deformasi sebesar 9,15 mm akibat gaya aksial sebesar 250180 N. Besar deformasi pada balok

beton ini tidak jauh berbeda dengan beton dengan *filler* lainnya. Pemakaian abu cangkang sawit sebagai substitusi semen membuat kuat tekan beton menjadi lebih meningkat.

Dari kelima filler beton di atas yang memiliki kekuatan tertinggi adalah filler fly ash dengan serbuk kaca sedangkan filler terendah adalah beton dengan sebut tempurung kelapa.



Gambar 0.17: Perbandingan Momen Rotasi Masing-Masing Campuran Beton

Dari gambar 4.17 dapat diketahui bahwa beton dengan *filler* abu sekam padi, mampu menahan momen sebesar 64.63 KN.m dengan rotasi yang mencapai 3.49 rad, beton dengan *filler* cangkang telur, mampu menahan momen sebesar 64.61 KN.m dengan rotasi yang mencapai 3.27 rad, beton dengan *filler* serabut kelapa, mampu menahan momen sebesar 64.69 KN.m dengan rotasi yang mencapai 4.15 rad, beton dengan *filler* fly ash, mampu menahan momen sebesar 64.59 KN.m dengan rotasi yang mencapai 2.41 rad, dan beton dengan *filler* serbuk cangkang sawit, mampu menahan momen sebesar 64.63 KN.m dengan rotasi yang mencapai 3.49 rad. Momen rotasi maksimum terjadi pada beton dengan *filler* serabut kelapa dan momen rotasi minimum terjadi pada beton dengan *filler* fly ash.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Secara simulasi balok beton yang mengalami deformasi paling besar adalah pada balok beton dengan *filler* serabut tempurung kelapa yaitu hanya mengalami deformasi sebesar 10,88 mm, sedangkan balok beton yang mengalami deformasi terkecil adalah balok beton dengan *filler fly ash* dan serbuk kaca oleh yaitu sebesar 6,31 mm. Dari kedua balok beton tersebut hanya mengalami perbedaan deformasi sebesar 4,56 mm. Hal ini terjadi karena spesifikasi beton dengan *filler fly ash* dan serbuk kaca lebih baik dibandingkan beton dengan *filler* lainnya
2. Deformasi pada masing-masing balok beton secara simulasi memiliki karakteristik yang sama. Semua balok beton mengalami deformasi maksimum pada bagian tengah bentang, hanya saja besar deformasinya yang berbeda sesuai dengan spesifikasi beton tersebut. Hal ini terjadi karena perlakuan dan tumpuan balok beton tersebut yang sama.
3. Dari kelima *filler* beton di atas yang paling efektif adalah balok beton dengan *filler fly ash* dan serbuk kaca karena memiliki spesifikasi yang paling baik dibandingkan beton dengan *filler* lainnya.

5.2 Saran

1. Pengujian secara simulasi seharusnya dilakukan dengan berulang kali untuk memastikan akurasi dari perangkat yang digunakan.
2. Hasil simulasi harus dibandingkan dengan hasil penelitian orang lain agar tidak menyalahi konsep. Simulasi harus dilakukan dengan menggunakan perangkat yang mendukung penggunaan *software* yang digunakan untuk mensimulasi

DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini, E., Hayati, F., & Setiawan, I. (2018). Pemodelan Balok Tinggi Pada Beton Mutu Tinggi Dengan Pengekangan Menggunakan Perangkat Lunak Berbasis Metode Elemen Hingga 3d. *Konstruksia*, 9(2), 31–40.
- Anugrah, A. B. (2016). *Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Menggunakan Styrofoam*.
- Apriwelni, S., & Wirawan, N. B. (2020). *Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Memanfaatkan Fly Ash Dan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengisi*. 61–68. [https://doi.org/10.25299/Saintis2020.Vol20\(01\).4846](https://doi.org/10.25299/Saintis2020.Vol20(01).4846)
- Basori, Syafrizal, S. (2015). Analisis Defleksi Batang Lentur Menggunakan Tumpuan Jepit Dan Rol Pada Material Aluminium 6063 Profil U Dengan Beban Terdistribusi. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur Unj*, April, 50–58.
- Butcher Gary D., & Richard Miles. (2004). Concepts Of Eggshell Quality. *Ifas Extension*, 1–2. <https://edis.ifas.ufl.edu/Pdffiles/Vm/Vm01300.Pdf>.
- Christianto, S. (2017). *Model Hubungan Balok Kolom Dengan*.
- Heldita, D. (2018). *Kuat Tekan Beton (Agregat Kasar Ex Desa Sungai Kacil , Agregat Halus Ex Desa Karang Bintang , Abu Sekam Padi Ex Desa Berangas)*. 8(1), 46–52.
- Hidayat, A. (2008). = 5,41, Bila Dibandingkan Dengan Nilai F Untuk F 0.05.
- Itteridi, V., & Rusandinata. (2018). *Pengaruh Substitusi Abu Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton*. 01, 21–26.
- Kusbiantoro, A., & Amariansyah, W. (2017). Analisis Kolom Beton Dengan Beban Aksial Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Neo Teknika*, 3(1). <https://doi.org/10.37760/Neoteknika.V3i1.1047>

- Michael, Nursyamsi, Kadreni, E., & Sitorus, T. (2018). Cangkang Telur Sebagai Tambahan Semen Dan. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Nawy, E. G. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*.
- Novianti, D., Syafira, Hamdi, & Tilik, L. F. (2019). Pengaruh Cangkang Telur Ayam Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton. *14(02)*, 1–6.
- Rustendi, I. (2004). Pengaruh Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai. *12(2)*, 13–22.
- Safitri, F., Rajak, A., O. Dapas, S., & Sumajouw, Marthin D. J. (2020). Pengujian Kuat Tekan Mortar Dan Beton Ringan Dengan Menggunakan Agregat Ringan Batu Apung Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik*, *4(4)*, 271–278.
- Sahrudin, & Nadia. (2016). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan. *Konstruksia*, *7(2)*, 13–20.
- Samsudin, & Hartantyo, S. D. (2017). Studi Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton. *9(2085)*, 929–935.
- Sk Sni T-15-1991-03. (1991). *Tata Cara Perhitungai Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. 520.
- Suku, Y. L. (2018). Pemodelan Dan Analisis Perilaku Balok Beton Bertulang Yang Berbeda Diameter Akibat Variasi Tata Letak Tulangnya. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, *24(1)*, 20.
- Syam, Z. Z., Kasim, H. A., & Nurdin, H. M. (2014). Pengaruh Serbuk Cangkang Telur Ayam Terhadap Tinggi Tanaman Kamboja Jepang (*Adenium Obesum*). *E-Jipbiol*, *3*, 9–15.
- Thomas, H. U., & Tarigan, J. (2019). Analisis Perbandingan Tegangan Baut Sambungan Balok Kolom Antara Metode Manual Dengan Metode Numerik (Ansys). *Jurnal Teknik Sipil Usu*, *8(1)*.

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>

Tumbel, G. W. Y., Dapas, S. O., & Mondoringin, M. R. I. A. J. (2020). Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton. 8(3), 293–298.

Wahyudi, T., Edison, Bambang S.Pd, M., & Ariyanto, A. M. E. (2017). Penggunaan Ijuk Dan Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Pada Beton K-100. *Comtech: Computer, Mathematics And Engineering Applications*, 6(1), 1–10.

LAMPIRAN 1
TABEL HASIL SIMULASI

A. Hasil Simulasi *Software Finite Elemen* untuk Beton dengan *Filler Abu Sekam Padi*

1. Hasil Simulasi Deformasi dan Momen Rotasi

Steps	Time [s]	Total Deformation (Max) [mm]	[E] Force Reaction (Total) [N]	Lengan Momen (m)	Momen (kN.m)	Lebar (mm)	Rotasi (Rad)
	0.00	0.000	0.00	3.10	0.00	150.00	0.00
1	0.20	0.024	10006.00	3.1	2.58	150	0.01
	0.40	0.047	20011.00	3.1	5.17	150	0.02
	0.70	0.071	35020.00	3.1	9.05	150	0.03
	1.00	0.095	50028.00	3.1	12.92	150	0.04
2	1.20	0.095	60034.00	3.1	15.51	150	0.04
	1.40	0.096	70039.00	3.1	18.09	150	0.04
	1.70	0.097	85048.00	3.1	21.97	150	0.04
	2.00	0.100	100060.00	3.1	25.85	150	0.04
3	2.20	0.103	110060.00	3.1	28.43	150	0.04
	2.40	0.105	120070.00	3.1	31.02	150	0.04
	2.70	0.140	135070.00	3.1	34.89	150	0.05
	3.00	0.320	150080.00	3.1	38.77	150	0.12
4	3.20	0.696	160090.00	3.1	41.36	150	0.27
	3.40	1.147	174090.00	3.1	44.97	150	0.44
	3.70	1.680	189100.00	3.1	48.85	150	0.64
	4.00	2.267	200100.00	3.1	51.69	150	0.87
5	4.20	3.092	210080.00	3.1	54.27	150	1.18
	4.40	4.331	224110.00	3.1	57.90	150	1.65
	4.70	6.286	235140.00	3.1	60.74	150	2.40
	5.00	9.146	250180.00	3.1	64.63	150	3.49

2. Hasil Simulasi Regangan

Steps	Time [s]	Equivalent Elastic Strain (Min) [mm/mm]	[E] Force Reaction (Total) [N]
1	0.2	0.00000010	10006.00
	0.4	0.00000019	20011.00
	0.7	0.00000034	35020.00
	1	0.00000048	50028.00
2	1.2	0.00000058	60034.00
	1.4	0.00000067	70039.00
	1.7	0.00000082	85048.00
	2	0.00000095	100060.00
3	2.2	0.00000104	110060.00
	2.4	0.00000111	120070.00
	2.7	0.00000120	135070.00
	3	0.00000126	150080.00
4	3.2	0.00000130	160090.00
	3.4	0.00000133	170090.00
	3.7	0.00000137	185100.00
	4	0.00000142	200100.00
5	4.2	0.00000146	210080.00
	4.4	0.00000158	220110.00
	4.7	0.00000227	235140.00
	5	0.00000413	250180.00

3. Hasil Simulasi Regangan

Steps	Time [s]	Equivalent Stress (Max) [MPa]	[E] Force Reaction (Total) [N]
1	0.2	13.17	10006.00
	0.4	26.35	20011.00
	0.7	46.11	35020.00
	1	65.87	50028.00
2	1.2	79.05	60034.00
	1.4	92.22	70039.00
	1.7	111.98	85048.00
	2	131.74	100060.00
3	2.2	144.90	110060.00
	2.4	158.04	120070.00
	2.7	177.73	135070.00
	3	197.38	150080.00
4	3.2	210.48	160090.00
	3.4	223.56	170090.00
	3.7	243.19	185100.00
	4	252.95	200100.00
5	4.2	251.49	210080.00
	4.4	253.69	220110.00
	4.7	251.72	235140.00
	5	253.46	250180.00

B. Hasil Simulasi *Software Finite Elemen* untuk Beton dengan *Filler* Cangkang Telur

1. Hasil Simulasi Deformasi

Steps	Time [s]	Total Deformation (Max) [mm]	[E] Force Reaction (Total) [N]	Lengan Momen (m)	Momen (kN.m)	Lebar (mm)	Rotasi (Rad)
	0.00	0.00	0.00	3.10	0.00	150	0.00
1	0.20	0.110	10005.00	3.1	2.58	150	0.04
	0.40	0.134	20009.00	3.1	5.17	150	0.05
	0.70	0.157	35015.00	3.1	9.05	150	0.06
	1.00	0.181	50021.00	3.1	12.92	150	0.07
2	1.20	0.181	60025.00	3.1	15.51	150	0.07
	1.40	0.182	70030.00	3.1	18.09	150	0.07
	1.70	0.183	85036.00	3.1	21.97	150	0.07
	2.00	0.186	100040.00	3.1	25.84	150	0.07
3	2.20	0.189	110050.00	3.1	28.43	150	0.07
	2.40	0.191	120050.00	3.1	31.01	150	0.07
	2.70	0.226	135060.00	3.1	34.89	150	0.09
	3.00	0.407	150060.00	3.1	38.77	150	0.16
4	3.20	0.782	160070.00	3.1	41.35	150	0.30
	3.40	1.282	174070.00	3.1	44.97	150	0.49
	3.70	1.815	188070.00	3.1	48.58	150	0.69
	4.00	2.402	200080.00	3.1	51.69	150	0.92
5	4.20	3.228	210060.00	3.1	54.27	150	1.23
	4.40	4.467	222090.00	3.1	57.37	150	1.71
	4.70	6.422	235100.00	3.1	60.73	150	2.45
	5.00	8.56	250120.00	3.1	64.61	150	3.27

2. Hasil Simulasi Regangan

Steps	Time [s]	Equivalent Elastic Strain (Max) [mm/mm]	[E] Force Reaction (Total) [N]
1	0.2	0.00018	10005.00
	0.4	0.00035	20009.00
	0.7	0.00062	35015.00
	1	0.00088	50021.00
2	1.2	0.00106	60025.00
	1.4	0.00124	70030.00
	1.7	0.00150	85036.00
	2	0.00177	100040.00
3	2.2	0.00194	110050.00
	2.4	0.00212	120050.00
	2.7	0.00238	135060.00
	3	0.00265	150060.00
4	3.2	0.00282	160070.00
	3.4	0.00300	170070.00
	3.7	0.00326	185070.00
	4	0.00353	200080.00
5	4.2	0.00370	210060.00
	4.4	0.00388	220090.00
	4.7	0.00415	235100.00
	5	0.00441	250120.00

3. Hasil Simulasi Tegangan

Steps	Time [s]	Equivalent Stress (Max) [MPa]	[E] Force Reaction (Total) [N]
1	0.2	12.592	10005.00
	0.4	25.185	20009.00
	0.7	44.074	35015.00
	1	62.963	50021.00
2	1.2	75.556	60025.00
	1.4	88.149	70030.00
	1.7	107.04	85036.00
	2	125.93	100040.00
3	2.2	138.52	110050.00
	2.4	151.1	120050.00
	2.7	169.95	135060.00
	3	188.78	150060.00
4	3.2	201.32	160070.00
	3.4	213.85	170070.00
	3.7	232.62	185070.00
	4	251.4	200080.00
5	4.2	252.23	210060.00
	4.4	251.61	220090.00
	4.7	252.16	235100.00
	5	251.89	250120.00

C. Hasil Simulasi *Software Finite Elemen* untuk Beton dengan *Filler Fly Ash*

1. Hasil Simulasi Deformasi dan Momen Rotasi

Steps	Time [s]	Total Deformation (Max) [mm]	[E] Force Reaction (Total) [N]	Lengan Momen (m)	Momen (kN.m)	Lebar (mm)	Rotasi (Rad)
	0.00	0.00	0.00	3.10	0.00	150.00	0.00
1	0.20	0.10	10001.00	3.1	2.58	150	0.04
	0.40	0.124	20002.00	3.1	5.17	150	0.05
	0.70	0.147	35003.00	3.1	9.04	150	0.06
	1.00	0.171	50004.00	3.1	12.92	150	0.07
2	1.20	0.171	60005.00	3.1	15.50	150	0.07
	1.40	0.172	70006.00	3.1	18.08	150	0.07
	1.70	0.173	85007.00	3.1	21.96	150	0.07
	2.00	0.176	100010.00	3.1	25.84	150	0.07
3	2.20	0.179	110010.00	3.1	28.42	150	0.07
	2.40	0.181	120010.00	3.1	31.00	150	0.07
	2.70	0.216	135010.00	3.1	34.88	150	0.08
	3.00	0.397	150010.00	3.1	38.75	150	0.15
4	3.20	0.772	160010.00	3.1	41.34	150	0.29
	3.40	1.272	174070.00	3.1	44.97	150	0.49
	3.70	1.805	187020.00	3.1	48.31	150	0.69
	4.00	2.392	200020.00	3.1	51.67	150	0.91
5	4.20	3.218	213020.00	3.1	55.03	150	1.23
	4.40	4.457	228020.00	3.1	58.91	150	1.70
	4.70	5.957	245020.00	3.1	63.30	150	2.27
	5.00	6.31	250020.00	3.1	64.59	150	2.41

2. Hasil Simulasi Regangan

Steps	Time [s]	Equivalent Elastic Strain (Max) [mm/mm]	[E] Force Reaction (Total) [N]
1	0.2	0.0001	10001.00
	0.4	0.0003	20002.00
	0.7	0.0004	35003.00
	1	0.0006	50004.00
2	1.2	0.0008	60005.00
	1.4	0.0009	70006.00
	1.7	0.0011	85007.00
	2	0.0013	100010.00
3	2.2	0.0014	110010.00
	2.4	0.0015	120010.00
	2.7	0.0017	135010.00
	3	0.0019	150010.00
4	3.2	0.0020	160010.00
	3.4	0.0022	170010.00
	3.7	0.0024	185020.00
	4	0.0026	200020.00
5	4.2	0.0027	210020.00
	4.4	0.0028	220020.00
	4.7	0.0030	235020.00
	5	0.0032	250020.00

3. Hasil Simulasi Regangan

Steps	Time [s]	Equivalent Stress (Max) [MPa]	[E] Force Reaction (Total) [N]
1	0.2	10.083	10001.00
	0.4	20.166	20002.00
	0.7	35.29	35003.00
	1	50.414	50004.00
2	1.2	60.497	60005.00
	1.4	70.58	70006.00
	1.7	85.705	85007.00
	2	100.83	100010.00
3	2.2	110.91	110010.00
	2.4	121	120010.00
	2.7	136.12	135010.00
	3	151.25	150010.00
4	3.2	161.33	160010.00
	3.4	171.41	170010.00
	3.7	186.54	185020.00
	4	201.66	200020.00
5	4.2	211.73	210020.00
	4.4	221.81	220020.00
	4.7	236.91	235020.00
	5	252.01	250020.00

D. Hasil Simulasi *Software Finite Elemen* untuk Beton dengan *Filler* Cangkang Sawit

1. Hasil Simulasi Deformasi dan Momen Rotasi

Steps	Time [s]	Total Deformation (Max) [mm]	[E] Force Reaction (Total) [N]	Lengan Momen (m)	Momen (kN.m)	Lebar (mm)	Rotasi (Rad)
	0.00	0.00	0.00	3.10	0.00	150.00	0.00
1	0.20	0.13	10001.00	3.1	2.58	150	0.05
	0.40	0.154	20002.00	3.1	5.17	150	0.06
	0.70	0.177	35003.00	3.1	9.04	150	0.07
	1.00	0.201	50004.00	3.1	12.92	150	0.08
2	1.20	0.201	60005.00	3.1	15.50	150	0.08
	1.40	0.202	70006.00	3.1	18.08	150	0.08
	1.70	0.203	85007.00	3.1	21.96	150	0.08
	2.00	0.206	100010.00	3.1	25.84	150	0.08
3	2.20	0.209	110010.00	3.1	28.42	150	0.08
	2.40	0.211	120010.00	3.1	31.00	150	0.08
	2.70	0.246	135010.00	3.1	34.88	150	0.09
	3.00	0.427	150010.00	3.1	38.75	150	0.16
4	3.20	0.802	160010.00	3.1	41.34	150	0.31
	3.40	1.302	174070.00	3.1	44.97	150	0.50
	3.70	1.835	187020.00	3.1	48.31	150	0.70
	4.00	2.422	200020.00	3.1	51.67	150	0.93
5	4.20	3.248	210020.00	3.1	54.26	150	1.24
	4.40	4.487	225020.00	3.1	58.13	150	1.71
	4.70	7.187	245020.00	3.1	63.30	150	2.74
	5.00	9.15	250180.00	3.1	64.63	150	3.49

2. Hasil Simulasi Regangan

Steps	Time [s]	Equivalent Elastic Strain (Max) [mm/mm]	[E] Force Reaction (Total) [N]
1	0.2	0.00019	10006.00
	0.4	0.00038	20011.00
	0.7	0.00066	35020.00
	1	0.00095	50028.00
2	1.2	0.00114	60034.00
	1.4	0.00133	70039.00
	1.7	0.00161	85048.00
	2	0.00189	100060.00
3	2.2	0.00208	110060.00
	2.4	0.00227	120070.00
	2.7	0.00255	135070.00
	3	0.00284	150080.00
4	3.2	0.00303	160090.00
	3.4	0.00321	170090.00
	3.7	0.00350	185100.00
	4	0.00378	200100.00
5	4.2	0.00397	210080.00
	4.4	0.00416	220110.00
	4.7	0.00444	235140.00
	5	0.00472	250180.00

3. Hasil Simulasi Tegangan

Steps	Time [s]	Equivalent Stress (Max) [MPa]	[E] Force Reaction (Total) [N]
1	0.2	13.174	10006.00
	0.4	26.348	20011.00
	0.7	46.11	35020.00
	1	65.872	50028.00
2	1.2	79.047	60034.00
	1.4	92.222	70039.00
	1.7	111.98	85048.00
	2	131.74	100060.00
3	2.2	144.9	110060.00
	2.4	158.04	120070.00
	2.7	177.73	135070.00
	3	197.38	150080.00
4	3.2	210.48	160090.00
	3.4	223.56	170090.00
	3.7	243.19	185100.00
	4	252.95	200100.00
5	4.2	251.49	210080.00
	4.4	253.69	220110.00
	4.7	251.72	235140.00
	5	253.46	250180.00

E. Hasil Simulasi *Software Finite Elemen* untuk Beton dengan *Filler Serabut Kelapa*

1. Hasil Simulasi Deformasi dan Momen Rotasi

Steps	Time [s]	Total Deformation (Max) [mm]	[E] Force Reaction (Total) [N]	Lengan Momen (m)	Momen (kN.m)	Lebar (mm)	Rotasi (Rad)
	0.00	0.00	0.00	3.10	0.00	150.00	0.00
1	0.20	0.23	10011.00	3.1	2.59	150	0.09
	0.40	0.254	20022.00	3.1	5.17	150	0.10
	0.70	0.277	35038.00	3.1	9.05	150	0.11
	1.00	0.301	50055.00	3.1	12.93	150	0.11
2	1.20	0.301	60066.00	3.1	15.52	150	0.11
	1.40	0.302	70077.00	3.1	18.10	150	0.12
	1.70	0.303	85092.00	3.1	21.98	150	0.12
	2.00	0.306	100110.00	3.1	25.86	150	0.12
3	2.20	0.309	110120.00	3.1	28.45	150	0.12
	2.40	0.311	120130.00	3.1	31.03	150	0.12
	2.70	0.346	135140.00	3.1	34.91	150	0.13
	3.00	0.527	150150.00	3.1	38.79	150	0.20
4	3.20	0.902	160160.00	3.1	41.37	150	0.34
	3.40	1.402	174160.00	3.1	44.99	150	0.54
	3.70	1.935	187170.00	3.1	48.35	150	0.74
	4.00	2.522	200190.00	3.1	51.72	150	0.96
5	4.20	3.348	210220.00	3.1	54.31	150	1.28
	4.40	4.587	220260.00	3.1	56.90	150	1.75
	4.70	7.687	236350.00	3.1	61.06	150	2.93
	5.00	10.88	250410.00	3.1	64.69	150	4.15

2. Hasil Simulasi Regangan

Steps	Time [s]	Equivalent Elastic Strain (Max) [mm/mm]	[E] Force Reaction (Total) [N]
1	0.2	0.0002	10011.00
	0.4	0.0005	20022.00
	0.7	0.0008	35038.00
	1	0.0011	50055.00
2	1.2	0.0014	60066.00
	1.4	0.0016	70077.00
	1.7	0.0019	85092.00
	2	0.0023	100110.00
3	2.2	0.0025	110120.00
	2.4	0.0027	120130.00
	2.7	0.0031	135140.00
	3	0.0034	150150.00
4	3.2	0.0036	160160.00
	3.4	0.0038	170160.00
	3.7	0.0042	185170.00
	4	0.0045	200190.00
5	4.2	0.0047	210220.00
	4.4	0.0050	220260.00
	4.7	0.0053	235350.00
	5	0.0056	250410.00

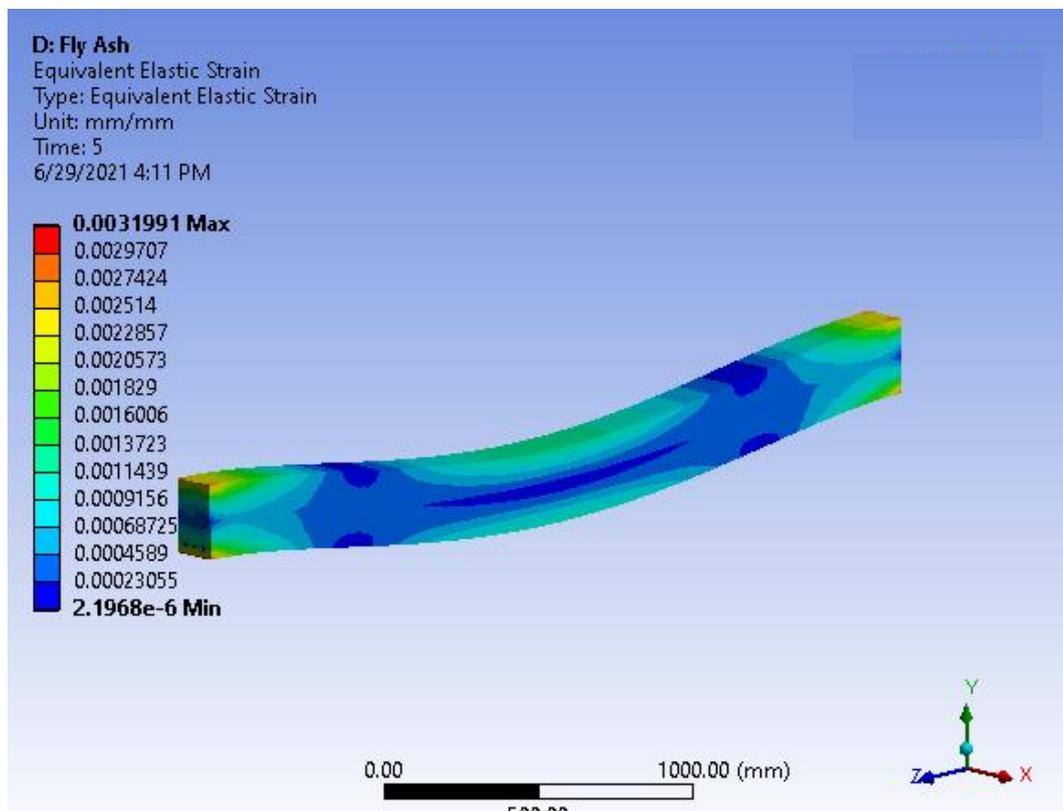
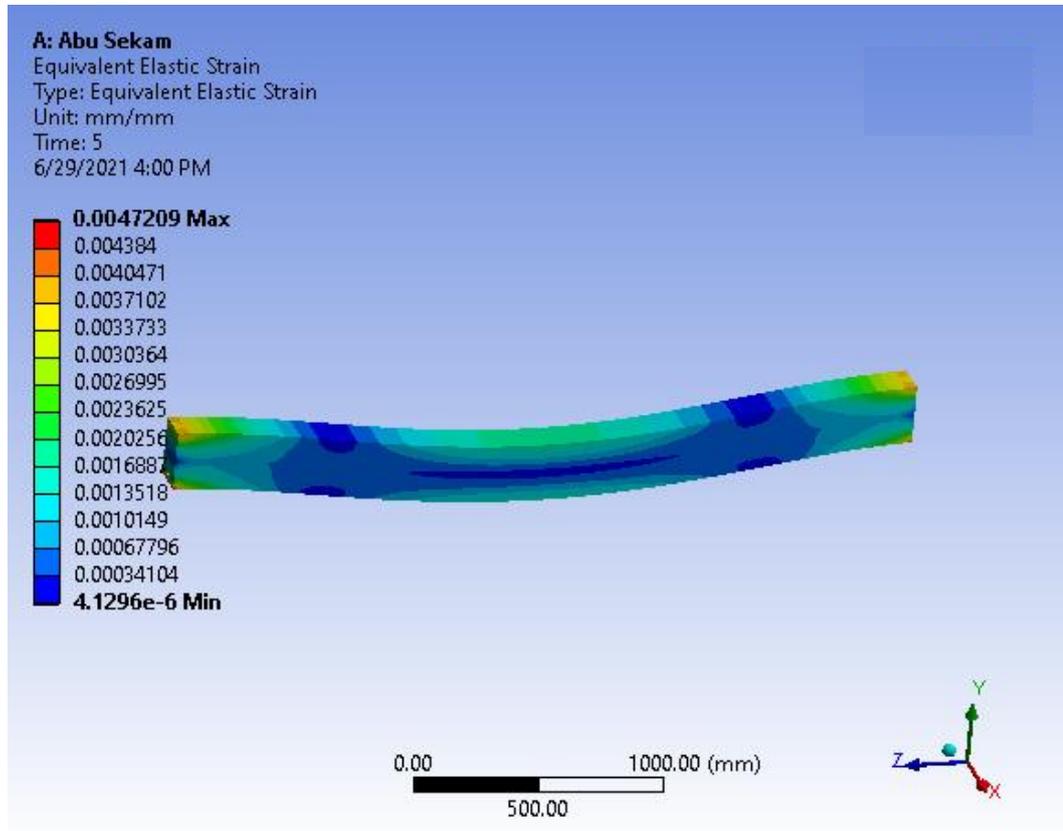
3. Hasil Simulasi Tegangan

Steps	Time [s]	Equivalent Stress (Max) [MPa]	[E] Force Reaction (Total) [N]
1	0.2	14.74	10011.00
	0.4	29.481	20022.00
	0.7	51.592	35038.00
	1	73.704	50055.00
2	1.2	88.445	60066.00
	1.4	103.18	70077.00
	1.7	125.25	85092.00
	2	147.26	100110.00
3	2.2	161.9	110120.00
	2.4	176.53	120130.00
	2.7	198.45	135140.00
	3	220.39	150150.00
4	3.2	235.05	160160.00
	3.4	249.75	170160.00
	3.7	252.13	185170.00
	4	253.04	200190.00
5	4.2	253.05	210220.00
	4.4	253.26	220260.00
	4.7	253.01	235350.00
	5	252.48	250410.00

LAMPIRAN 2

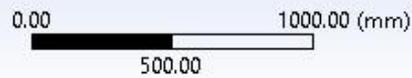
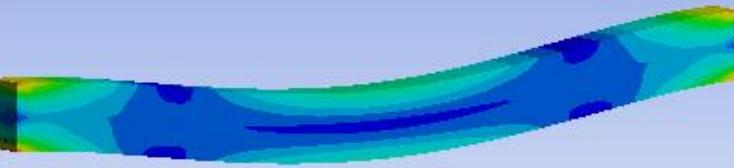
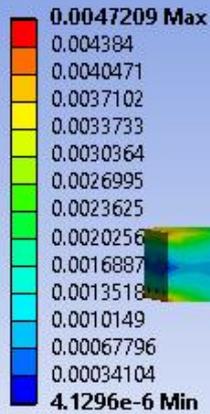
DIAGRAM REGANGAN

A. Diagram Regangan Masing-Masing Benda Uji Balok Beton



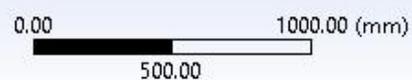
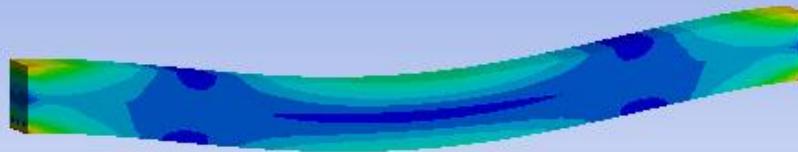
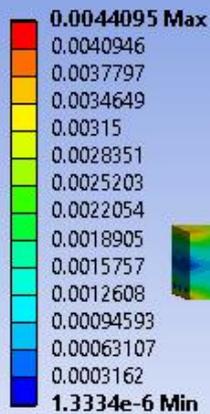
E: Sawit

Equivalent Elastic Strain
Type: Equivalent Elastic Strain
Unit: mm/mm
Time: 5
6/29/2021 4:15 PM



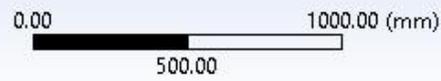
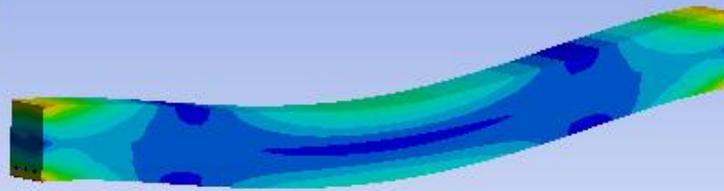
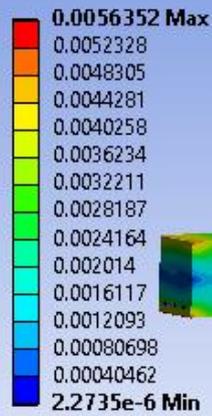
C: Cangkang Telur

Equivalent Elastic Strain
Type: Equivalent Elastic Strain
Unit: mm/mm
Time: 5
6/29/2021 4:08 PM



F: Serabut Kelapa

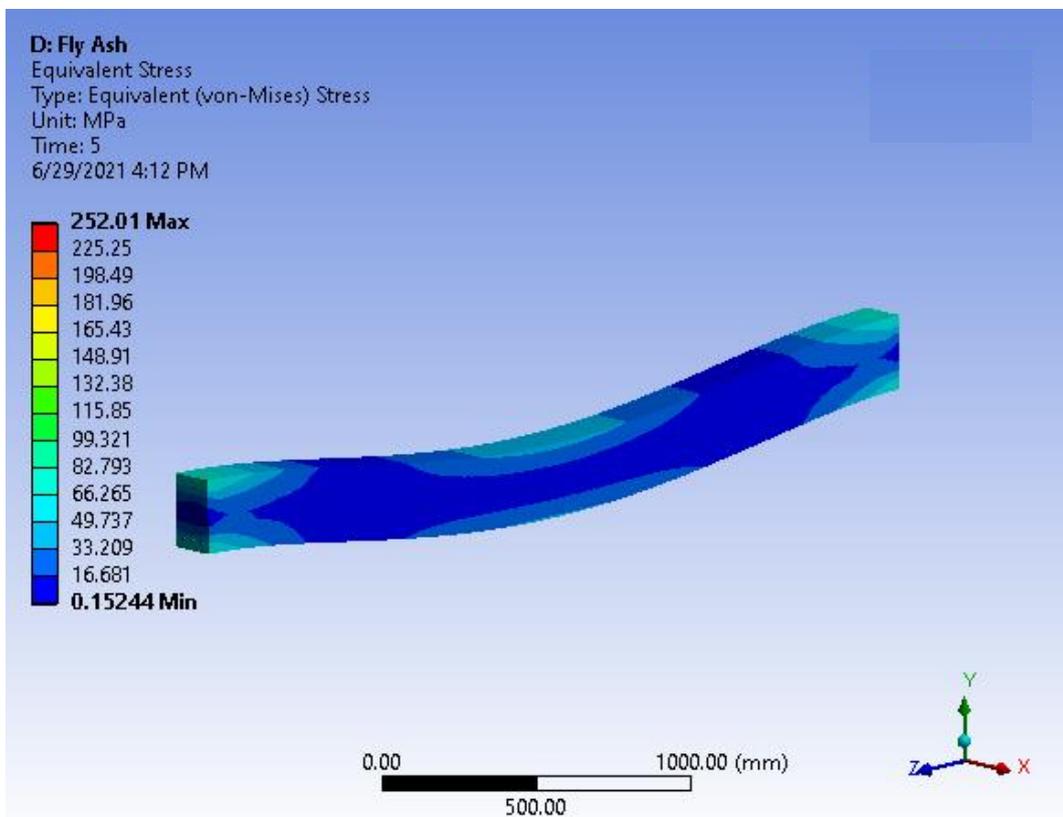
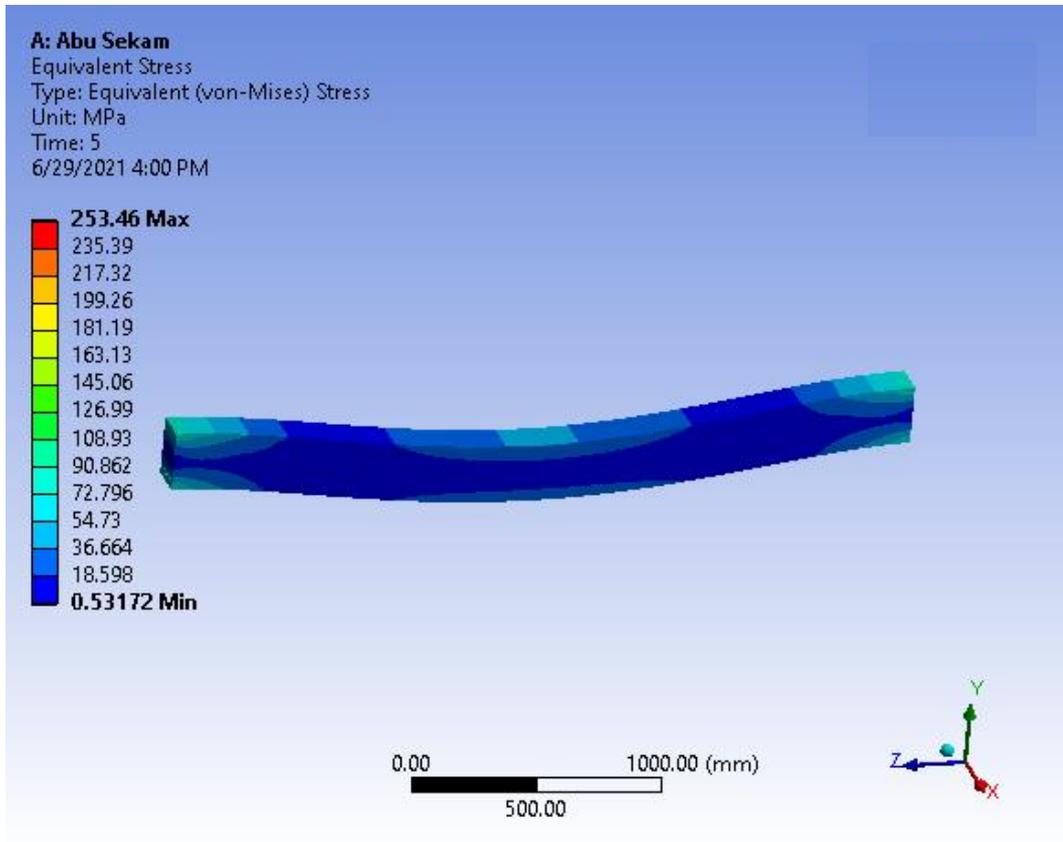
Equivalent Elastic Strain
Type: Equivalent Elastic Strain
Unit: mm/mm
Time: 5
6/29/2021 4:18 PM



LAMPIRAN 3

DIAGRAM TEGANGAN

A. Diagram Tegangan Masing-Masing Benda Uji Balok Beton



E: Sawit

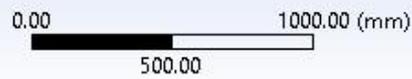
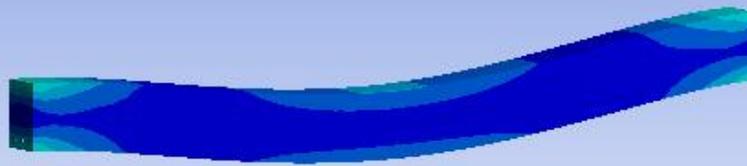
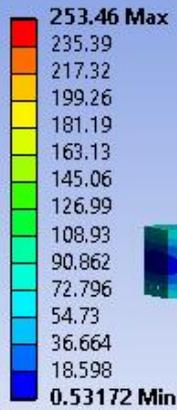
Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

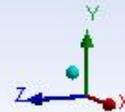
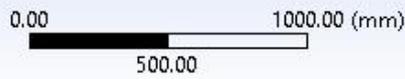
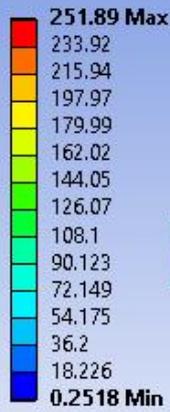
Time: 5

6/29/2021 4:15 PM



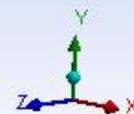
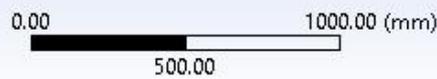
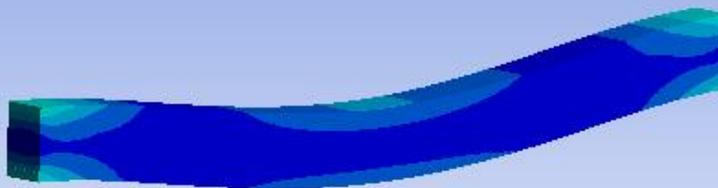
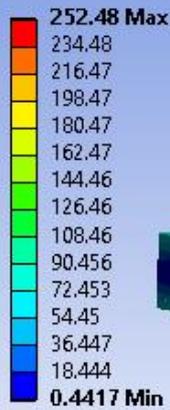
C: Cangkang Telur

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 5
6/29/2021 4:09 PM



F: Serabut Kelapa

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 5
6/29/2021 4:19 PM





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

Jalan Kapten Muhtar Sibarani No. 1 Medan 20238 Telp. (061) 9523490 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umma.ac.id> E-mail: fatek@umma.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor/1897/IL3AU/UMSU-07/P/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi atas nama ketua program studi teknik sipil pada tanggal 18 November 2020 dengan ini menetapkan :

N a m a : **Jagat Syahputra**
NPM : **1607210239**
Program studi : **Teknik Sipil**
Semester : **VII (Tujuh)**
Judul Tugas Akhir : **PERBANDINGAN DEFORMASI BALOK BETON
ANTARA 5 FILLER MENGGUNAKAN APLIKASI
ELEMEN HINGGA**

Pembimbing I : **Dr. Fetra Venny Riza**

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan:

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Sipil.
2. Menulis Tugas Akhir diryakan bsal setelah 1 (satu) tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen pembimbing dan menetapkan judul tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Tanggal

Ditetapkan di Medan Pada

Medan 21 Raj. Awal 1441 H
18 November 2019 M



Siagian Alfarisi Siragat, S.T., M.T.
NIDN : 0101017202

Cc. File



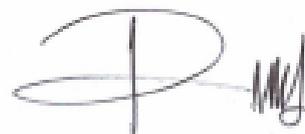
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri, BA No. 3 20238 Telp (061)6619056
Website: <http://www.umsu.ac.id> Email: rector@umsu.ac.id

NAMA : JAGAT SYAHPUTRA
NPM : 1607210239
JUDUL : PERBANDINGAN DEFORMASI BALOK BETON ANTARA 5
FILER MENGGUNAKAN APLIKASI ELEMEN HINGGA

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	10/9/2021	Alc Sidang.	

DOSEN PEMBIMBING



(Dr. FETRA VENNY RIZA)



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Mochtar Basri, BA No. 3 20238 Telp (061)6619056
Website: <http://www.umsu.ac.id> Email: rector@umsu.ac.id

NAMA : JAGAD SYAHPUTRA
NPM : 1607210076
JUDUL : PERBANDINGAN DEFORMASI BALOK BETON ANTARA 5
FILER MENGGUNAKAN APLIKASI ELEMEN HINGGA

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
	7/8-2011	Au hilang	

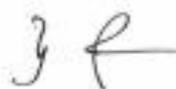
DOSEN PEMBANDING 1,

(TONDI AMIRSYAH PUTERA S.T, M.T)



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri, BA No. 3 20238 Telp (061)6619056
Website: <http://www.umsu.ac.id> Email: rector@umsu.ac.id

NAMA : JAGAT SYAHPUTRA
NPM : 1607210239
JUDUL : PERBANDINGAN DEFORMASI BALOK BETON ANTARA 5
FILER MENGGUNAKAN APLIKASI ELEMEN HINGGA

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	10/9/2021	Ace Idang Sarjana 	

DOSEN PEMBANDING II,

 10/9/2021.

(Dr FAHRIZAL ZULKARNAIN)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama : Jagat Syahputra
Tempat, Tanggal Lahir : K.Begumit, 28 Juni 1998
Alamat : Jl. Pendidikan Kec. Rimba Melintang, Kab. Rokan Hilir, Provinsi. Riau.
Agama : Islam
No. Hp : 0823-8972-0757
E-Mail : jagatsyahputra73@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1607210239
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA.No 3 Medan 20238

No	Tingkat	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	MI AL Muhsinin	2010
2	SMP	SMP Negeri 1 Bangko Pusako	2013
3	SMK	SMK N1 Stabat	2016
4	Melanjut kuliah si Universitas Muhmmadiyah Sumatra Utara Tahun 2016 sampai selesai		

RIWAYAT PENGALAMAN KERJA

Nama Lengkap : Jagat Syahputra
Nomor Pokok Mahasiswa : 1607210239
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara
Kegiatan : Program Magang Mahasiswa Bersertifikat
FHCI (Forum Human Capital Indonesia)
Perusahaan : PT.Adhi Karya (Persero) Tbk
Pelaksanaan Magang : Proyek Bendung Sei Wampu
Alamat Proyek : Pantai Gemi, Kec. Stabat, Kabupaten Langkat,
Sumatera Utara 20851
Posisi Magang : - Engineering (Quantity Surveyor)
- Quality Control (QC)
- Safety Officer dan Safety Supervisor
- Supervisor