

**SIMULASI NUMERIK DAN ANALISIS KEKUATAN TARIK
BELAH KOMPOSIT LAMINAT JUTE/EPOKSI DENGAN
ANSYS *WORKBENCH* 2022**

SKRIPSI

OLEH:

**SAMUEL MARPAUNG
208130041**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN JUDUL

SIMULASI NUMERIK DAN ANALIS KEKUATAN TARIK BELAH KOMPOSIT LAMINAT JUTE/EPOKSI DENGAN ANSYS *WORKBENCH* 2022

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

**SAMUEL MARPAUNG
208130041**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Simulasi Numerik Dan Analisis Kekuatan Tarik
Belah Komposit Laminat Jute/Epoksi dengan
ANSYS *Workbench* 2022

Nama Mahasiswa : Samuel Marpaung

NIM : 208130041

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh :


Zulfikar, S.T., M.T
Pembimbing



Dr. Eng. Supriatno, ST, MT
Dekan



Dr. Iswandi, ST, MT
Ka. Prodi

Tanggal Lulus:

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian- bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 22 Februari 2025



Samuel Marpaung

208130041

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Samuel Marpaung

NPM : 208130041

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

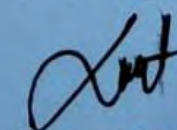
**SIMULASI NUMERIK DAN ANALISIS KEKUATAN TARIK BELAH
KOMPOSIT LAMINAT JUTE/EPOKSI DENGAN ANSYS WORKBENCH
2022**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Universitas Medan Area

Pada tanggal : 22 Maret 2025

Yang menyatakan

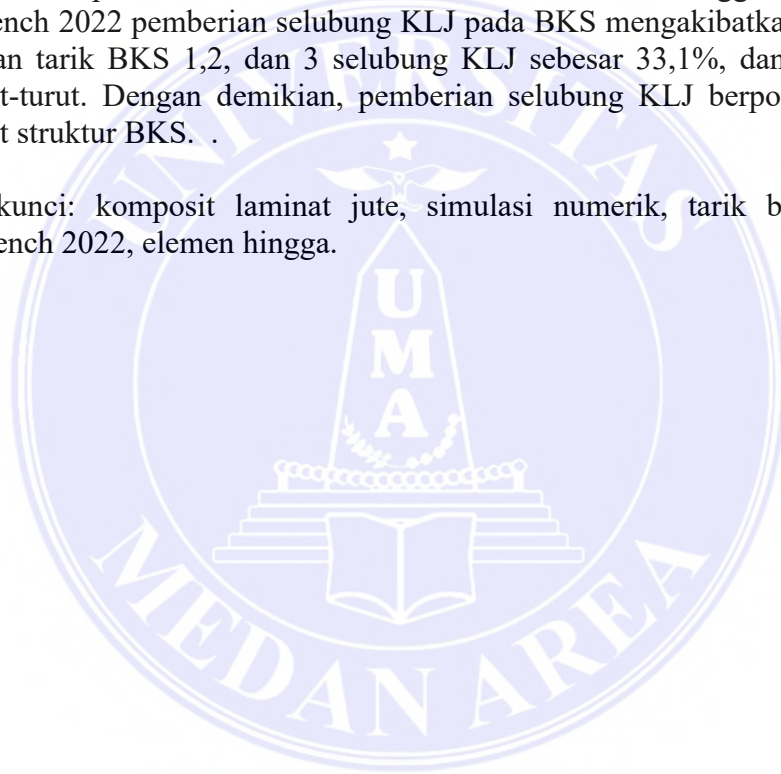


(Samuel Marpaung)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis simulasi numerik tarik belah pada komposit laminat jute menggunakan ANSYS Workbench 2022. Komposit berbasis serat alam, seperti jute, telah mendapatkan perhatian yang signifikan karena keberlanjutannya dan potensi penggunaannya dalam berbagai aplikasi teknik. Pada penelitian ini, model komposit laminat jute dikembangkan dengan pendekatan elemen hingga (finite element method, FEM) untuk mengevaluasi perilaku mekanis komposit ketika mengalami tegangan tarik dan belah. Proses pembuatan model dilakukan dengan menggunakan ANSYS Workbench 2022, yang memungkinkan simulasi mendalam mengenai distribusi tegangan, deformasi, dan kegagalan pada material komposit tersebut. Hasil simulasi numerik menggunakan ANSYS workbench 2022 pemberian selubung KLJ pada BKS mengakibatkan peningkatan kekuatan tarik BKS 1,2, dan 3 selubung KLJ sebesar 33,1%, dan 241% secara berturut-turut. Dengan demikian, pemberian selubung KLJ berpotensi sebagai penguat struktur BKS. .

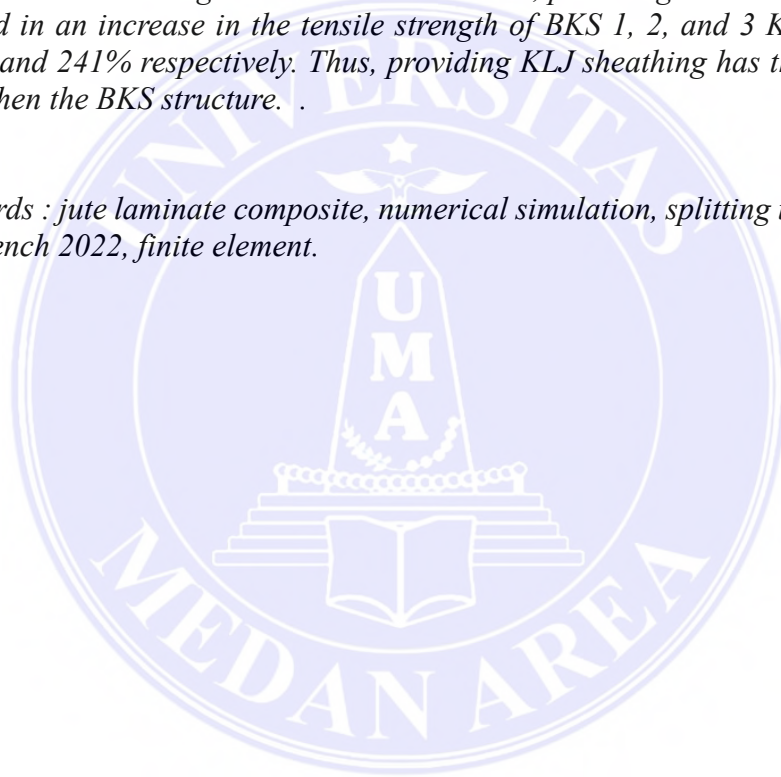
Kata kunci: komposit laminat jute, simulasi numerik, tarik belah, ANSYS Workbench 2022, elemen hingga.



ABSTRAK

This study aims to analyze the numerical simulation of splitting tensile strength of jute laminate composites using ANSYS Workbench 2022. Natural fiber-based composites, such as jute, have received significant attention due to their sustainability and potential use in various engineering applications. In this study, a jute laminate composite model was developed using the finite element method (FEM) approach to evaluate the mechanical behavior of the composite when subjected to tensile and splitting stresses. The modeling process was carried out using ANSYS Workbench 2022, which allows in-depth simulation of stress distribution, deformation, and failure in the composite materia). Numerical simulation results using ANSYS workbench 2022, providing KLJ sheathing to BKS resulted in an increase in the tensile strength of BKS 1, 2, and 3 KLJ sheaths by 33.1% and 241% respectively. Thus, providing KLJ sheathing has the potential to strengthen the BKS structure. .

Keywords : jute laminate composite, numerical simulation, splitting tensile, ANSYS Workbench 2022, finite element.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Siantar Utara pada tanggal 2 Maret 2001 dari ayah Jonggi Marpaung dan ibu Hotna Br Hutagaol. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara.

Tahun 2019 penulis lulus SMK Swasta 2 Parulian 4 Porsea dan pada tahun 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.

Selain mengikuti perkuliahan, penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Toba Pulp Lestari, Tbk.



KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kasih karunia-Nya sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan judul "Simulasi Numerik Dan Analisis Kekuatan Tarik Belah Komposit Laminat Jute/Epoksi dengan ANSYS *Workbench* 2022". Kiranya berkat serta rahmat-Nya senantiasa menyertai langkah-langkah penulis dalam menyelesaikan perjalanan akademis ini.

Terima kasih kepada Bapak Zulfikar, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga dalam penyusunan skripsi ini. Tak lupa pula kepada seluruh dosen pengajar di Program Studi Teknik Mesin, yang telah memberikan ilmu pengetahuan serta pengalaman yang amat berharga selama proses perkuliahan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kedua Orang Tua saya Ayah J.Marpaung serta seluruh keluarga dan teman-teman yang selalu memberikan doa, semangat, serta dukungan moral dalam setiap langkah perjalanan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap tugas akhir/skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan Pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis Ucapkan terima kasih.

Penulis,



Samuel Marpaung

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Hipotesis Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kekuatan Tarik Belah	7
2.2 Tegangan dan Regangan	9
2.2.1 Tegangan.....	9
2.2.2 Regangan	10
2.3 Material Komposit	11
2.3.1 Material penyusun komposit.....	12
2.3.2 Jenis-jenis komposit.....	13
2.4 Komposit Laminat.....	15
2.5 Resin Epoksi dan Katalis	16
2.6 Serat Jute	18
2.7 Serat E-Glass	19

2.8	Simulasi Numerik dengan Metode Elemen Hingga.....	21
2.8.1	Metode Elemen Hingga	21
2.8.2	Contoh-Contoh Aplikasi Metode Elemen Hingga.....	22
2.9	Validasi Data Eksperimental.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Waktu dan Tempat	27
3.2	Alat dan Bahan	27
3.2.1	Alat.....	27
3.2.2	Bahan	29
3.3	Metode Penelitian.....	29
3.4	Pengolahan Data dan Sampel.....	29
3.5	Prosedur Penelitian.....	30
3.5.1	Pengumpulan Data Eksperimental.....	30
3.5.2	Pembuatan Model Simulasi	30
3.5.3	Simulasi Numerik	31
3.5.4	Validasi Data Simulasi.....	31
3.5.5	Diagram Alir Penelitian.....	32
3.6	Jadwal Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Model Geometri	35
4.2	Kondisi batas.....	36
4.3	Data pengujian Tarik belah.....	38
4.4	Distribusi tegangan dan regangan	47
4.5	Analisis kekuatan Tarik BKS yang diperkuat KLJ	50
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		54
5.1	Simpulan.....	54
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN.....		59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tampak isometri	7
Gambar 2.2. Penampang pembebanan	8
Gambar 2.3. Komposit Serat	14
Gambar 2.4. Komposit Laminat	14
Gambar 2.5. Komposit Partikel	15
Gambar 2.6.komposit laminat	16
Gambar 2.7. Resin Dan Katalis	18
Gambar 2.8. Serat Jute	19
Gambar 2.9. Aproksimasi solusi keseluruhan diperoleh dari gabungan solusi-solusi elemen	22
Gambar 2.10. (a) Parameter problem cerobong, (b) Mesh cerobong, (c) Distribusi suhu di cerobong.	23
Gambar 2.11. Mode-mode vibrasi suspense harddisk	24
Gambar 2.12. Suhu pada dinding cerobong pada waktu yang berbeda.	25
Gambar 3.1.Laptop Lenovo Thinkpad Core i7	28
Gambar 3.2.Software ANSYS	28
Gambar 3.3.Microsoft Excel	28
Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 4.1. Geometri Spesimen Beton	36
Gambar 4.2. <i>Force</i> (a) dan <i>Fixed support</i> (b)	48
Gambar 4.3. Simulasi ANSYS (S0.1)	41
Gambar 4.4. Simulasi ANSYS (S0.2)	41
Gambar 4.5. Simulasi ANSYS (S0.3)	42
Gambar 4.6. Simulasi ANSYS (J1.1)	42
Gambar 4.7. Simulasi ANSYS (J1.2)	43
Gambar 4.8. Simulasi ANSYS (J1.3)	43
Gambar 4.9. Simulasi ANSYS (J2.1)	44
Gambar 4.10. Simulasi ANSYS (J2.2)	44
Gambar 4.11. Simulasi ANSYS (J2.3)	45
Gambar 4.12. Simulasi ANSYS (J3.1)	45
Gambar 4.13. Simulasi ANSYS (J3.2)	46
Gambar 4.14. Simulasi ANSYS (J3.3)	46
Gambar 4.15. Gambar Pengujian ANOVA	50
Gambar 4.16. Pola Kerusakan Spesimen yang Dilapisi Laminat Jute	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat-sifat dan komposisi kimia serat glass	21
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian	27
Tabel 3.2. Jadwal Kegiatan	34
Tabel 4.1. Data Hasil Simulasi Numerik Ansys Workbench	39
Tabel 4.2. Distribusi Tegangan dan Regangan	47



DAFTAR NOTASI

f'_{sp} = Kuat tarik belah beton (Mpa)

P = Beban maksimum pada saat benda uji terbelah (N)

L = Panjang benda uji (mm)

D = Diameter benda uji (mm)

π = Phi (22/7)

σ = Intensitas gaya (MPa)

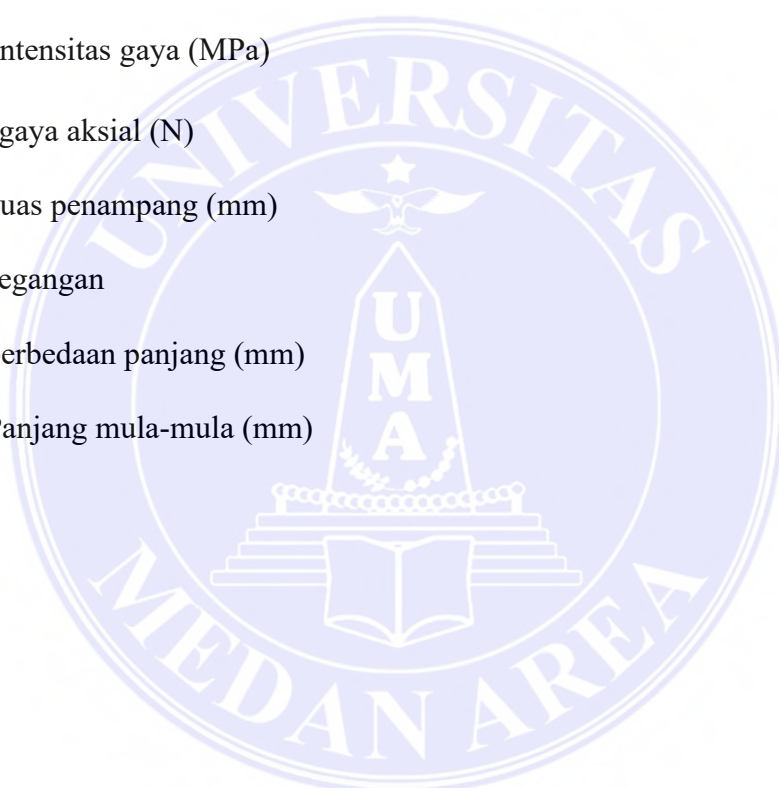
P = gaya aksial (N)

A = luas penampang (mm)

ε = regangan

ΔL = perbedaan panjang (mm)

L = Panjang mula-mula (mm)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konstruksi beton yang kuat dan tahan lama merupakan kebutuhan penting dalam pembangunan infrastruktur. Beton memiliki kelebihan dalam hal kekuatan tekan, namun kekuatan tariknya yang rendah sering menjadi masalah utama dalam aplikasinya. Salah satu solusi yang dikembangkan untuk mengatasi kelemahan ini adalah dengan memperkuat beton menggunakan bahan komposit. Bahan komposit, seperti laminat jute/epoksi, telah menunjukkan kemampuan meningkatkan kekuatan tarik beton secara signifikan. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan lapisan aluminium pada komposit jute/epoksi dapat meningkatkan modulus elastisitas, tegangan maksimum, dan elongasi pada titik putus komposit tersebut (Alirezaei et al., 2020).

Selain itu, modifikasi bahan jute dengan agen penghubung KH-560 juga telah terbukti meningkatkan kompatibilitas antarmuka antara serat dan epoksi. Hasil penelitian oleh Wang dkk. (2019) menunjukkan bahwa modifikasi ini meningkatkan indeks kristalinitas dan ukuran kristalit serat jute, yang pada gilirannya meningkatkan stabilitas termal dan sifat mekanik komposit laminasi (Wang et al., 2019). Studi lebih lanjut oleh Zareei dkk. (2019) mengungkapkan bahwa komposit hibrida yang menggabungkan serat jute dan serat basalt menunjukkan peningkatan kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan kekuatan geser antar lamina, yang menjadikan komposit ini pilihan yang menarik untuk aplikasi

struktural yang membutuhkan material ringan dengan kekuatan tinggi (Zareei et al., 2019).

Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa penggunaan komposit laminat jute/epoksi pada beton kolom silinder memberikan peningkatan yang signifikan dalam kekuatan tarik belah. Sebagai contoh, penelitian oleh Zulfikar dan Yaakob (2023) menunjukkan bahwa aplikasi komposit hibrida jute dan serat e-glass pada kolom beton dapat meningkatkan kekuatan tekan hingga 150% dibandingkan dengan spesimen yang tidak diperkuat (Zulfikar et al., 2023). Hal ini menunjukkan potensi besar dari penggunaan komposit laminat dalam memperkuat struktur beton, memberikan solusi yang lebih efisien dan ekonomis dalam pembangunan infrastruktur.

Meskipun hasil eksperimen memberikan data yang berharga, simulasi numerik menggunakan metode elemen hingga dapat memberikan wawasan lebih lanjut tentang perilaku material di bawah berbagai kondisi beban. Metode elemen hingga (Finite Element Method, FEM) adalah teknik komputasi yang memecah struktur kompleks menjadi elemen-elemen kecil dan menyelesaikannya secara numerik menggunakan berbagai persamaan diferensial parsial. Teknik ini sangat berguna dalam berbagai bidang teknik, termasuk analisis struktural, transfer panas, dan dinamika fluida (Dobrzański & Oleksiak, 2021). Dalam aplikasi industri, seperti otomotif dan dirgantara, simulasi ini memungkinkan perancang untuk meminimalkan prototipe fisik dan mengoptimalkan desain melalui eksperimen virtual (Jalammanavar et al., 2018).

Software Ansys Workbench 2022 merupakan alat yang tepat untuk melakukan analisis ini, memungkinkan simulasi yang mendalam dan akurat. Ansys

Workbench digunakan secara luas dalam berbagai industri untuk mengatasi masalah mekanika komputasi yang kompleks, seperti penghitungan tegangan, deformasi, dan analisis modal. Misalnya, studi yang dilakukan oleh Khalifa et al. (2019) menggunakan Ansys Workbench untuk memodelkan proses pemotongan baja struktural, menunjukkan kesesuaian antara hasil simulasi dan eksperimen serta mendukung teori tradisional pemotongan logam (Khalifa, 2021). Keakuratan hasil simulasi sangat bergantung pada kualitas mesh yang digunakan dalam model, di mana kesalahan diskretisasi mesh dapat diatasi dengan metode evaluasi kualitas mesh yang tersedia di Ansys (Jalammanavar et al., 2018).

Penggunaan Ansys Workbench juga memungkinkan simulasi kondisi yang sulit direplikasi dalam eksperimen fisik. Misalnya, dalam studi oleh Alshoaibi et al. (2019), simulasi tiga dimensi propagasi retak menggunakan Ansys Workbench berhasil menunjukkan jalur retak yang identik dengan hasil eksperimen lainnya (Alshoaibi et al., 2019). Studi lain oleh Matuszewski (2019) menunjukkan bahwa Ansys Workbench dapat digunakan untuk memodelkan distribusi suhu pada sambungan las aluminium, yang hasilnya cocok dengan data eksperimen (Matuszewski, 2019). Dengan demikian, Ansys Workbench 2022 membuktikan dirinya sebagai alat yang sangat berguna dan efektif untuk berbagai analisis numerik dalam rekayasa material dan struktur.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini mengidentifikasi beberapa masalah utama yang menjadi dasar dilaksanakannya kegiatan studi, sebagai berikut:

- a. Bagaimana mengetahui kekuatan tarik beton kolom silinder (BKS) yang diperkuat komposit laminat jute (KLJ) menggunakan metode simulasi numerik?
- b. Bagaimana validitas data hasil simulasi dibandingkan dengan hasil eksperimental sebelumnya?
- c. Bagaimana perilaku kekuatan tarik BKS yang diperkuat KLJ di bawah variasi beban dan kondisi lingkungan yang berbeda melalui simulasi?

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah disebutkan, maka rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana kekuatan tarik BKS yang diperkuat KLJ dengan metode simulasi elemen hingga?
- b. Bagaimana menganalisis validitas hasil simulasi dengan data terdistribusi normal (DTN)?
- c. Bagaimana perilaku kekuatan tarik BKS yang diperkuat KLJ berdasarkan hasil simulasi metode elemen hingga?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang, identifikasi dan perumusan masalah, dan batasan masalah yang dijelaskan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengevaluasi efektivitas kekuatan tarik belah beton kolom silinder yang diperkuat komposit laminat Jute/Epoksi dengan simulasi numerik menggunakan software Ansys

- b. Menganalisis distribusi tegangan dan regangan yang diperoleh berdasarkan hasil simulasi numerik tersebut untuk memahami mekanisme kerusakan material akibat pembebanan tarik belah

1.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan tujuan-tujuan penelitian yang telah disebutkan, maka hipotesis dalam penelitian ini adalah:

- a. Beton kolom silinder yang diperkuat dengan komposit laminat jute akan menunjukkan peningkatan kekuatan tarik belah yang signifikan dalam simulasi numerik.
- b. Hasil simulasi numerik akan memiliki korelasi tinggi dengan hasil eksperimental sebelumnya, menunjukkan validitas metode simulasi yang digunakan.
- c. Perilaku kekuatan tarik beton kolom silinder yang diperkuat KLJ akan bervariasi berdasarkan perubahan kondisi beban dalam simulasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini, hasil eksperimental sebelumnya divalidasi dengan menggunakan metode simulasi numerik metode elemen hingga dengan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi:

- a. Menambah pengetahuan mengenai pengaruh komposit laminat jute terhadap kekuatan tarik beton melalui pendekatan simulasi numerik.
- b. Memberikan data yang valid dan berguna bagi pengembangan teknologi komposit di bidang konstruksi.

- c. Menyediakan dasar yang kuat untuk penelitian lebih lanjut dalam penguatan struktur beton menggunakan komposit laminat dan simulasi numerik.

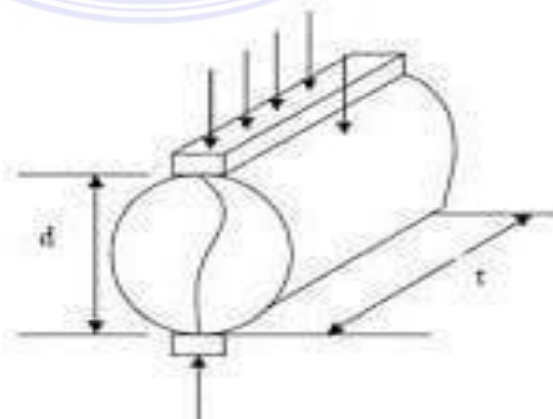


BAB II

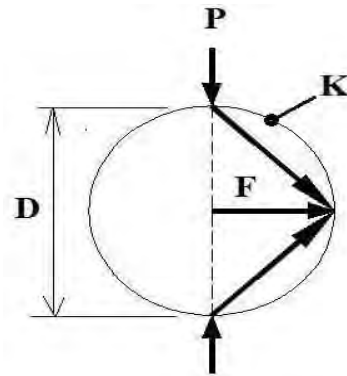
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kekuatan Tarik Belah

Kuat tarik beton biasanya 8-15% dari kuat tekan beton, kekuatan tarik adalah suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambantan dan ukuran retak di dalam struktur. Kekuatan tarik biasanya ditentukan dengan menggunakan percobaan pembebanan silinder, dimana silinder yang ukurannya sama dengan benda uji dalam percobaan kuat tekan diletakkan pada sisinya di atas mesin uji dan beban dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter disepanjang benda uji (E. J. Kumaat, 2015). Jadi dalam proses pengujiannya, benda yang berasal dari beton dengan ukuran silinder diameter 50 mm dan tinggi 150 mm akan di tekan menggunakan mesin uji tekan dengan posisi horizontal untuk melihat seberapa besarkah kekuatan tarik belahnya. Pengujian kuat tarik belah beton ini menggunakan mesin UTM dengan meletakkan sampel uji pada tumpuan/landasan. Lalu sampel uji di beri beban secara vertikal namun posisi spesimen horizontal. Secara ilustrasi proses ini diperlihatkan pada gambar 2.1 dan 2.2



Gambar 2.1. Tampak isometri



Gambar 2.2. Penampang pembebanan

Universal testing machine(UTM), yaitu mesin atau alat pengujian yang memilikifungsi untuk menguji ketahanan dan mengetahui struktur suatu bahan atau material.Mesin UTM ini dapat melakukan pengujian bahan atau material seperti, besi, logam, dan baja. Alat pengujian ini menggunakan metode kompresi/penekanan bahan yang akan di uji dengan posisi vertical atau horizontal. seperti spesimen beton silinder. bahan yang akan di uji di ambil sampelnya lalu sampel tersebut dikompresi/ditekan sampai sampel tersebut retak dengan posisi horizontal atau vertical. Kekuatan tarik belah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (E. J. Kumaat, 2015) :

$$f's_p = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

$f's_p$ = Kuat tarik belah beton (Mpa)

P = Beban maksimum pada saat benda uji terbelah (N)

L = Panjang benda uji (mm)

D = Diameter benda uji (mm)

π = Phi (22/7)

2.2 Tegangan dan Regangan

2.2.1 Tegangan

Konsep paling dasar dalam mekanika bahan adalah tegangan dan regangan. Konsep ini dapat diilustrasikan dalam bentuk yang paling mendasar dengan meninjau sebuah batang prismatis yang mengalami gaya aksial. Batang prismatis adalah sebuah elemen struktur lurus yang mempunyai penampang konstan di seluruh panjangnya, dan gaya aksial adalah beban yang mempunyai arah yang sama dengan sumbu elemen, sehingga mengakibatkan terjadinya tarik atau tekan pada batang. Kondisi tarik atau tekan terjadi pada struktur, misalnya pada elemen di rangka batang di jembatan, dan kondisi tekan terjadi pada struktur, yaitu pada elemen kolom di gedung. Pembebanan batang secara aksial dapat dilihat pada Gambar 2.1 (Mulyati, 2013).

Suatu batang dengan luas penampang konstan, dibebani melalui kedua ujungnya dengan sepasang gaya linier dengan arah saling berlawanan yang berimpit pada sumbu longitudinal batang dan bekerja melalui pusat penampang melintang masing-masing (Mulyati, 2013).

Untuk keseimbangan statis besarnya gaya-gaya harus sama. Gaya-gaya diarahkan menjauhi batang, maka batang disebut ditarik, sedangkan gaya-gaya diarahkan pada batang, maka batang disebut ditekan. Aksi pasangan gaya-gaya tarik atau tekan, hambatan internal terbentuk di dalam bahan dan karakteristiknya dapat dilihat pada potongan melintang di sepanjang batang. Intensitas gaya (gaya per

satuan luas) disebut tegangan dan diberi notasi σ (sigma). Jadi gaya aksial P yang bekerja pada penampang adalah resultan dari tegangan yang terdistribusi kontinu (Mulyati, 2013).

Dengan mengasumsikan bahwa tegangan terbagi rata di seluruh potongan penampang, kita dapat melihat bahwa resultannya harus sama dengan intensitas σ dikalikan dengan luas penampang A dari batang tersebut. Dengan demikian, besarnya tegangan dapat dinyatakan dengan rumus (Mulyati, 2013):

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

σ = Intensitas gaya (MPa)

P = gaya aksial (N)

A = luas penampang (mm)

Jadi dapat didefinisikan bahwa tegangan normal adalah intensitas gaya normal per unit luasan, yang dinyatakan dalam satuan N/m² disebut juga pascal (Pa) atau N/mm² disebut juga megapascal (MPa).

2.2.2 Regangan

Suatu batang lurus akan mengalami perubahan panjang apabila dibebani secara aksial, yaitu menjadi panjang jika mengalami tarik dan menjadi pendek jika mengalami tekan. Sebagai contoh diperlihatkan pada Gambar 2.2, perpanjangan dari batang tersebut adalah hasil komulatif dari perpanjangan semua elemen bahan di seluruh volume batang (Mulyati, 2013).

Pertambahan panjang pada batang dinotasikan dengan Δ (delta), s dimana satu satuan panjang dari batang akan mempunyai perpanjangan yang sama dengan $1/L$ kali perpanjangan total Δ . Perpanjangan pada batang dapat diukur untuk setiap kenaikan tertentu dari beban aksial. Dengan demikian konsep perpanjangan per satuan panjang, atau disebut regangan, yang diberi notasi ε (epsilon) dapat dihitung dengan persamaan (Mulyati, 2013):

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

ε = regangan

ΔL = perbedaan panjang (mm)

L = Panjang mula-mula (mm)

Jadi Perpanjangan per unit panjang disebut regangan normal, dinyatakan tidak berdimensi, artinya regangan tidak mempunyai satuan. Regangan ε disebut regangan normal karena regangan ini berkaitan dengan tegangan normal. Jika batang mengalami tarik, maka regangannya disebut regangan tarik, yang menunjukkan perpanjangan bahan. Demikian juga halnya jika batang mengalami tekan, maka regangannya disebut regangan tekan, dan batang tersebut memendek. Regangan tarik biasanya bertanda positif dan regangan tekan bertanda negatif (Mulyati, 2013).

2.3 Material Komposit

Material Komposit merupakan struktur yang tersusun atas beberapa bahan pembentuk tunggal yang digabungkan menjadi struktur baru dengan sifat yang

lebih baik dibandingkan dengan masing-masing pembentuknya, bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda digabung atau dicampur secara (*makroskopis*) menjadi suatu bahan yang berguna sesuai keinginan pembuatnya dan masing-masing bahan tersebut mempertahankan sipat aslinya. Salah satu contoh paling mudah dari material komposit adalah beton cor yang tersusun atas campuran dari pasir, batu koral, semen, besi, serta air. Nampak bahwa material-material penyusun tersebut memiliki sifat-sifat yang berbeda-beda, namun ketika dicampurkan dengan perbandingan serta teknik tertentu akan menghasilkan beton yang sangat kuat, keras, dan tahan terhadap berbagai cuaca. Jika sistem resin dikombinasikan dengan serat penguat akan di peroleh sifat-sifat yang jauh lebih diterima kedalam setiap individu serat dan juga melindungi serat dari kerusakan karena abrasi dan benturan, sedangkan serat akan meningkatkan kekuatan dan kekakuan matriks. Penggunaan sistem resin diperkuat serat memudahkan percetakan bentuk-bentuk yang rumit, juga mempunyai ketahanan terhadap lingkungan korosif dengan berat jenis yang rendah, sehingga komposit di perkuat serat lebih unggul terhadap logam dalam banyak aplikasi teknik. Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu (Doni Alfiah Siregar, 2022):

2.3.1 Material penyusun komposit

Komposit di bentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu: a. Penguat (Reinforcement), Penguat adalah bagian dari komposit yang berpungsi sebagai penguat contohnya serat. Bahan ini biasanya diberikan pada matriks tidak lebih dari 50 % jika terlalu banyak ikatan antara penguat dan matriks maka komposit yang

dihasilkan tidak akan maksimal dan dapat menurunkan sifat komposit yang dihasilkan, b. Matriks, Matriks adalah bagian terbesar dari sebuah bahan komposit yang akan ditingkatkan mechanical propertiesnya biasanya matriks memiliki persentase volume lebih besar dari 50 % dari bahan komposit, selain sebagai bahan utama matriks diharapkan juga memiliki kemampuan mengikat dengan baik, dengan begitu maka matriks serat yang berperan sebagai *reinforcement* akan lepas (Doni Alfiah Siregar, 2022).

2.3.2 Jenis-jenis komposit

Bahan komposit memiliki ciri-ciri yang berbeda dan komposisi untuk menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat dan ciri-ciri tertentu yang berbeda dari sifat dan ciri kontituen asalnya. Secara umum, terdapat 3 macam jenis komposit yaitu:

1. Komposit serat (*fibrous composites*).

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari fiber dalam matriks. Fiber yang digunakan bisa berupa *glass fiber*, *carbon fibers*, *armid fiber*. Fiber ini bisa disusun secara acak (*chopped strad mat*) maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit.

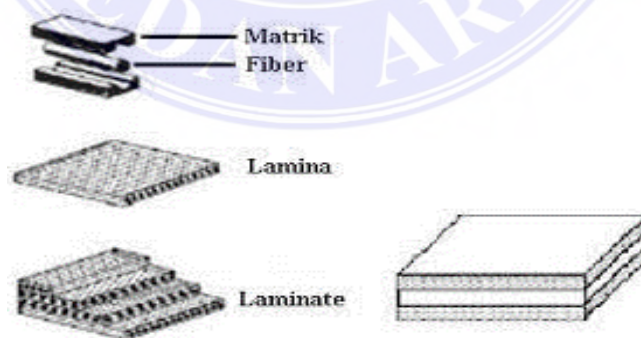
Gambar 2.3, menunjukkan bahwa komposit serat disusun secara searah memanjang dan bisa juga disusun secara acak (Doni Alfiah Siregar, 2022).



Gambar 2.3. Komposit Serat

2. Komposit laminat (*laminated composites*)

komposit laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri. Komposit laminat dibentuk berbagai lapisan-lapisan berbagai macam arah penyusunan serat yang ditentukan yang disebut lamiant sedangkan istilah laminasi komposit adalah rakitan lapisan material komposit yang berserat yang dapat di gabungkan untuk memberikan sifat teknik yang diperlukan termasuk kekakuan dalam bidang kekakuan lentur. Bentuk komposit laminat dapat dilihat pada gambar 2.4 (Doni Alfiah Siregar, 2022).

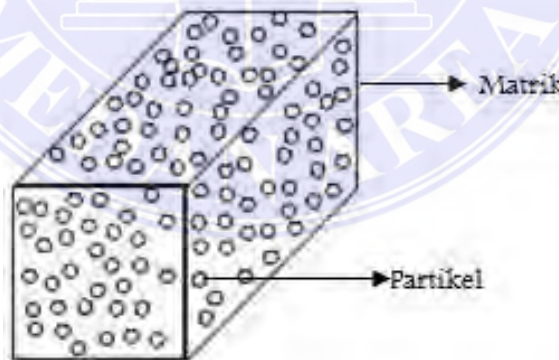


Gambar 2.4. Komposit Laminat

3. Komposit partikel (*particulate composites*).

Komposit yang menggunakan partikkel atau serbuk sebagai penguatnya yang sangat menentukan sifat mekanik dari komposit dan distribusikan secara merata dalam matriks disebut komposit partikel. Contoh komposit partikel ini adalah butiran (pasir, debu) yang diperkuat semen yang biasa dijumpai sebagai beton (Doni Alfiah Siregar, 2022).

Komposit jenis ini adalah produk yang dihasilkan dengan cara mendapatkan partikel-partikel dan diikat dengan matriks bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekan, kelembapan, katalisator atau sesuatu yang menyebabkan terjadinya perubahan dan menimbulkan kejadian baru dan lain-lain. Komposit partikel tidak sama dengan komposit jenis serat acak sehingga bersifat isotropis atau keseragaman bentuk komposit yang tersusun partikel dapat dilihat pada gambar 2.5 (Doni Alfiah Siregar, 2022).

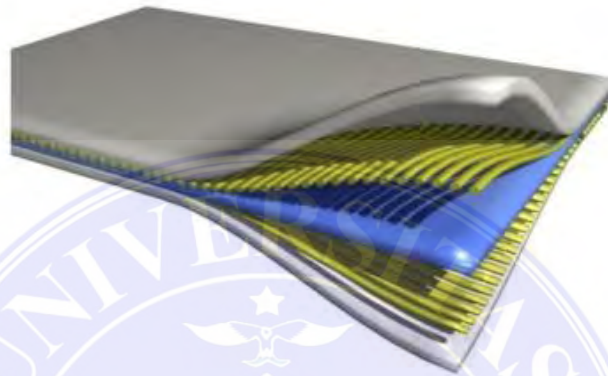


Gambar 2.5. Komposit Partikel

2.4 Komposit Laminat

Komposit Laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki

karakteristik khusus seperti ditunjukkan pada gambar 2.6. Komposit laminat ini terdiri dari empat jenis yaitu komposit serat kontinyu, komposit serat anyam, komposit serat acak dan komposit serat *hybrid* (I Putu Widi Satya Putra Arisudana, 2020).



Gambar 2.6.komposit laminat

2.5 Resin Epoksi dan Katalis

Resin *epoxy* atau secara umum di pasaran dikenal dengan bahan epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok *thermoset*. Resin *thermoset* adalah polimer cair yang di ubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga secara kimia, membentuk pormasi rantai polimer tiga dimensi (Doni Alfiah Siregar, 2022).

Thermoset memiliki sifat isotropis dan peka terhadap suhu, mempunyai sipat tidak bisa meleleh, tidak bisa diolah kembali, atomnya berikatan dengan kuat sekali, tidak bisa mengalami pergeseran rantai. Bentuk resin epoksi sebelum pengerasan berupa cairan seperti madu dan setelah pengerasan akan berbentuk padatan yang sangat getas (Doni Alfiah Siregar, 2022).

Resin epoksi banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian structural, resin ini juga di pakai sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan dan perekat. Resin epoksi sangat baik digunakan sebagai matriks pada komposit dengan penguat serat gelas. Pada beton penggunaan resin epoksi dapat mempercepat pengerasan (Doni Alfiah Siregar, 2022).

Resin epoxy memiliki keuntungan yaitu:

1. Mempunyai sifat adhesive yang baik untuk fiber dan resin.
2. Memiliki tingkat penyusutan yang rendah dan kestabilan dimensi yang baik.
3. Tahan terhadap zat kimia dan stabil terhadap zat asam.
4. Fleksibilitas dan kekuatan tinggi.
5. Tahan terhadap korosi.

Resin epoxy membutuhkan penambahan zat pengawet saat proses curing, yang biasa disebut hardener. Mungkin jenis Curing agent adalah berbasis amina. tidak seperti resin poliester atau ester vinil dimana resin dikatalis dengan tambahan katalis kecil. Resin epoxy biasanya membutuhkan penambahan bahan pengawet pada rasio resin dan pengeras yang jauh lebih tinggi 1:1 atau 2:1 (Doni Alfiah Siregar, 2022).

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tetapi tidak mengalami perubahan dan pengurangan jumlah. Laju reaksi katalis terjadi di permukaan luas pada fluida padat sehingga diterapkan pada material padat yang berpori. Dalam reaksi kimia, katalis tidak berperan sebagai pereaksi kimia maupun produk. Katalis yang umum digunakan ialah ion logam dengan metode impregnasi untuk menghasilkan valensi nol dan situs-situs asam

selama proses reduksi. Peran katalis adalah meningkatkan unjuk kerja katalistik material padat. Bentuk resin dan katalis diperlihatkan pada gambar 2.7 (Doni Alfiah Siregar, 2022).



Gambar 2.7. Resin Dan Katalis

2.6 Serat Jute

Serat kain jute berasal dari afrika dan telah digunakan sejak jaman mesir. Penanaman jute berkembang ke asia terutama ke India dan Pakistan. Serat jute berasal dari kulit batang tanaman *Corchoruscapsularis* dan *Corchorusolitorius*. Ciri fisik dari serat jute adalah memiliki kekuatan serta berkilau sedangkan permukaannya terasa kasar. Jute dapat ditanam didaerah tropis maupun subtropis dengan kondisi cuaca yang hangat dan lembab kadang tumbuh baik dipinggiran sungai (Doni Alfiah Siregar, 2022).

Serat jute biasa digunakan untuk pelapis permadani dan pembuatan karung. Serat merupakan bahan yang kuat, kaku, getas. Karena serat yang terutama menahan gaya luar, ada dua hal yang membuat serat menahan gaya yaitu:

1. Perekatan (bonding) antara serat dan matriks (intervarsial bonding) sangat baik dan kuat. Sehingga tidak mudah lepas dari matriks (debonding)
2. Kelangsingan (aspect ratio) yaitu perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat cukup besar. Gambar serat jute dapat dilihat pada gambar 2.8 (Doni Alfiah Siregar, 2022).



Gambar 2.8. Serat Jute

2.7 Serat E-Glass

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit GFRP, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi dari pada matrik penyusun komposit (Dian Rusdiana, 2008).

Diameter dan panjang serat juga mempunyai pengaruh terhadap kekuatan, diameter yang kecil akan semakin baik, karena luas permukaan serat akan lebih

besar untuk setiap berat yang sama sehingga transfer tegangan dari matrik yang diterima oleh serat akan lebih maksimal (Dian Rusdiana, 2008).

Sifat-sifat komposit tidak dapat dilepaskan dari pengaruh kekuatan serat sebagai salah satu penyusun utama komposit, dengan kandungan serat yang tinggi maka kekuatan tariknya juga akan tinggi, tetapi dengan kekuatan tarik yang tinggi belum tentu sifat-sifat yang lain juga akan lebih baik. Oleh karena itu perbandingan jumlah resin dan serat merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan sifat-sifat material komposit (Dian Rusdiana, 2008).

Bentuk serat utamanya adalah benang panjang atau pendek dan biasanya dalam bentuk acak atau sudah dalam bentuk anyaman dari pabrik dengan variasi berat. Serat dalam bentuk anyaman atau acak bertujuan untuk memberikan pilihan agar kualitas komposit sesuai dengan keinginan dan fungsi dari material. Persyaratan fungsional yang diperlukan serat sebagai penguat plastik adalah sebagai berikut:

- 1 Modulus elastisitas tinggi
- 2 Kekuatan patah tinggi
- 3 Kekuatan seragam di antara serat
- 4 Keseragaman diameter serat

Serat gelas mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Dalam penggunaannya, serat gelas disesuaikan dengan sifat/ karakteristik yang dimilikinya. Sifat-sifat dan komposisi kimia serat glass dapat dilihat pada tabel 2.1 (Dian Rusdiana, 2008).

Tabel 2.1. Sifat-sifat dan komposisi kimia serat glass

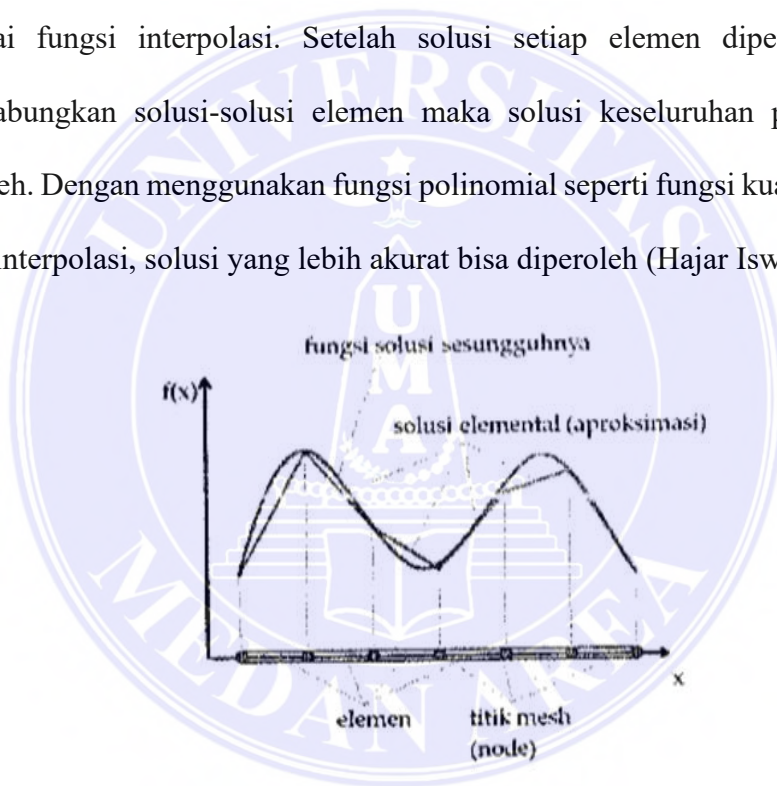
No.	Jenis Serat		
	E-glass	C-glass	S-glass
1.	Isolator Listrik yang baik	Tahan terhadap korosi	Modulus lebih tinggi
2.	Kekuatan tinggi	Kekuatan lebih rendah dari E-glass	Lebih tahan terhadap suhu tinggi
3.	Kekuatan tinggi	Harga lebih mahal dari E-glass	Harga lebih mahal dari E-glass

2.8 Simulasi Numerik dengan Metode Elemen Hingga

2.8.1 Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga adalah metode numerik untuk mendapatkan solusi permasalahan diferensial, baik persamaan diferensial biasa (*Ordinary Differential Equatiao*n) maupun persamaan diferensial biasa (*Partial Differential Equatio*an). Karena persamaan diferensial seringkali digunakan sebagai model permasalahan engineering maka penting bagi para insinyur untuk dapat memahami dan mampu menerapkan MEH. Saat ini MEH merupakan salah satu metode numerik paling versatile untuk memecahkan problem dalam domain kontinum. Pada awalnya MEH dikembangkan untuk memecahkan problem dibidang mekanika benda padat (*Solid Mechanic*), tetapi kini MEH sudah merambah kehampir semua problem engineering seperti mekanika fluida (*fluid mechanich*), perpindahan panas (*heat transfer*), elektromagnetik (*electro magnetism*), getaran (*vibration*), analisis modal (*modal analysis*), dan banyak lagi problem engineering lainnya. Proses inti MEH

adalah membagi problem yang kompleks menjadi bagian-bagian kecil atau elemen-elemen dari mana solusi yang lebih sederhana dapat dengan mudah diperoleh. Solusi dari setiap elemen jika digabungkan akan menjadi solusi problem secara keseluruhan. Gambar 2.9. menjelaskan cara kerja MEH di mana solusi suatu problem yang kompleks diaproksimalkan oleh solusi elemen. Untuk mendapatkan solusi elemental, MEH menggunakan fungsi interpolasi untuk mengaproksimalkan solusi elemen. Untuk contoh ini suatu fungsi linear yang sederhana dipergunakan sebagai fungsi interpolasi. Setelah solusi setiap elemen diperoleh, dengan menggabungkan solusi-solusi elemen maka solusi keseluruhan problem dapat diperoleh. Dengan menggunakan fungsi polinomial seperti fungsi kuadratik sebagai fungsi interpolasi, solusi yang lebih akurat bisa diperoleh (Hajar Isworo, 2018).

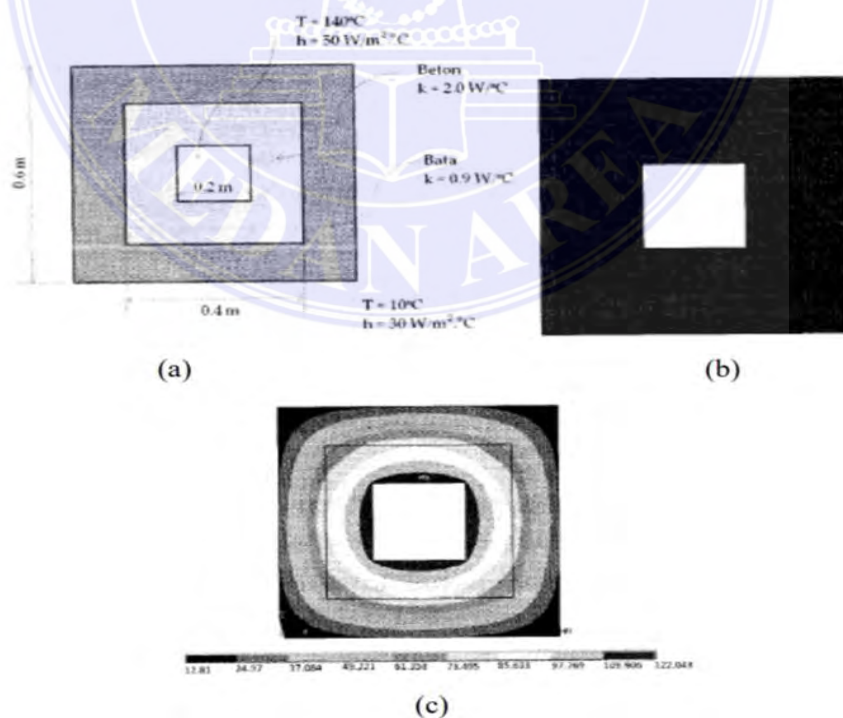


Gambar 2.9. Aproksimasi solusi keseluruhan diperoleh dari gabungan solusi-solusi elemen

2.8.2 Contoh-Contoh Aplikasi Metode Elemen Hingga

Berbagai macam permasalahan telah dianalisis dengan menggunakan MEH. Aplikasi Metode Elemen Hingga dapat digolongkan menurut tiga kategori. Yang pertama adalah jenis permasalahan yang dikenal sebagai problem equilibrium atau

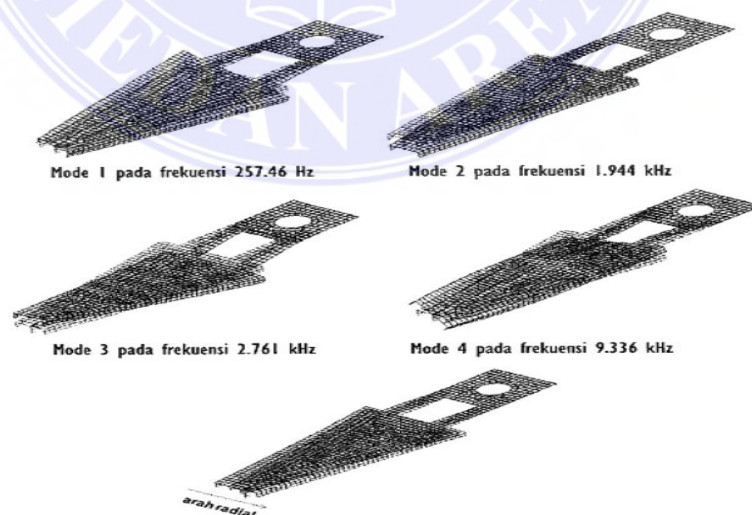
problem steady-state. Contoh-contoh problem equilibrium pada problem mekanika benda pejal adaiah penghitungan tegangan (stress) dan regangan (strain), pada problem perpindahan panas konduksi (*conduction heat transfer*) penghitungan distribusi suhu, pada problem mekanika fluida, tekanan, kecepatan dan suhu fluida dapat dihitung oleh MEH. Contoh problem konduksi panas pada Gambar 2.10a menggambarkan distribusi suhu dinding cerobong asap. Dinding cerobong terdiri dari dua bahan: beton dan bata. Suhu gas di dalam cerobong bagian dalam adalah 140°C dan suhu udara di bagian luar adalah 10°C . Pada problem ini *variable* yang ingin kita ketahui adaiah suhu pada sisi luar karena jika suhu terlalu tinggi maka lapisan beton harus dipertebal. Dengan menggunakan Mechanical APDL, program MEH dari ANSYS suhu pada setiap bagian dapat dihitung. Gambar 2.10b memberikan mesh yang digunakan dan Gambar 2.10, memberikan distribusi suhu di tembok cerobong (Hajar Isworo, 2018).



Gambar 2.10. (a) Parameter problem cerobong, (b) Mesh cerobong, (c) Distribusi suhu di cerobong

Jenis problem yang lain adalah problem eigenvalue di mana frekuensi natural (*natural frequency*) dan mode dari getaran (*vibration mode*) dari suatu struktur perlu dihitung. Bagi para engineer yang merancang struktur atau komponen di mana terdapat beban dinamik (*dynamic loading*), frekuensi natural dan mode vibrasi merupakan parameter yang perlu dipertimbangkan pada tahap perancangan (Hajar Isworo, 2018).

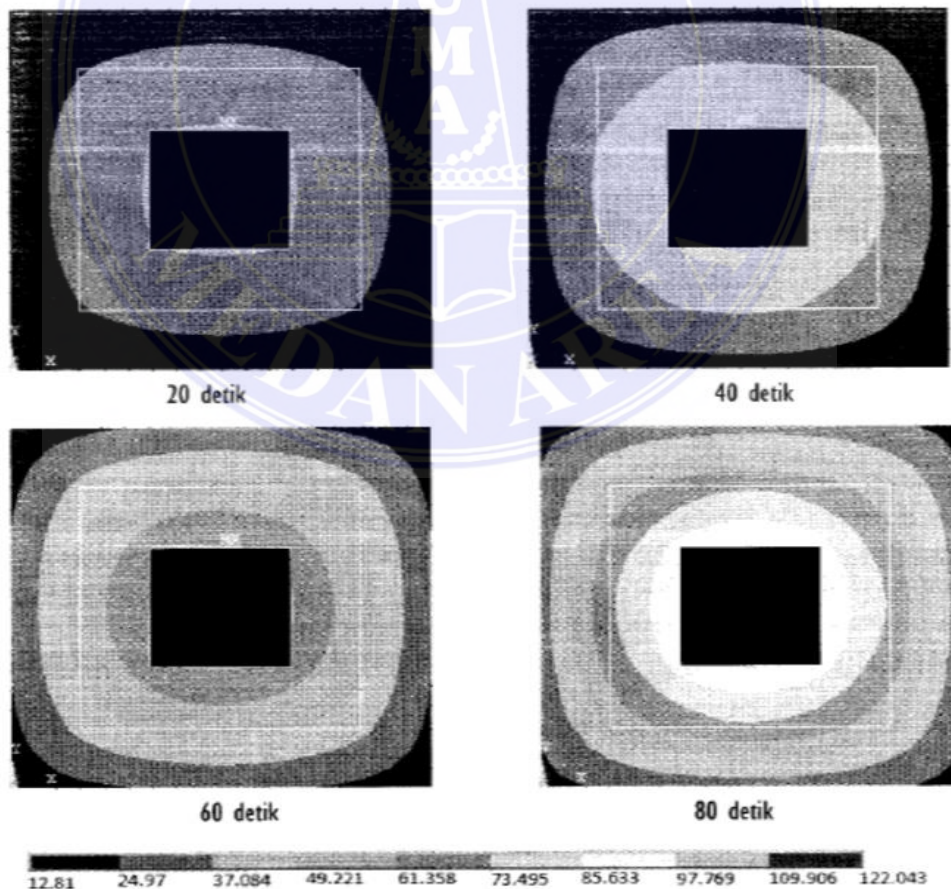
Gambar 2.11 adalah contoh suatu komponen suspensi dari *harddisk drive*. Kerja harddisk sangat sensitif dengan getaran, terutama getaran pada arah radial. Oleh karenanya perancang harddisk perlu mengetahui frekuensi natural suspensi di mana mode vibrasi pada arah radial terjadi. Dengan menggunakan MEH (pada contoh ini, program Mechanical APDL digunakan) frekuensi-frekuensi natural dari suspensi ini diperoleh beserta dengan mode vibrasinya. Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa getaran radial terjadi pada mode kelima dengan frekuensi natural sebesar 11.85 kHz. Dengan informasi ini, pengoperasian harddisk pada frekuensi ini harus dihindari (Hajar Isworo, 2018).



Gambar 2.11. Mode-mode vibrasi *suspense harddisk*

Jenis problem yang ketiga adalah problem yang bergantung dengan waktu (*time-dependent*) atau transient problem. Untuk menjelaskan contoh problem ini kita gunakan kembali contoh cerobong asap. Jika sebelum gas mengalir di dalam cerobong suhu dari dinding cerobong sama dengan suhu udara di luar cerobong, yaitu 10°C , dan sesaat setelah gas panas (140°C) mulai mengalir maka suhu dinding akan naik dan akhirnya mencapai equilibrium atau *steady-state*. Jika kita ingin mengetahui (Hajar Isworo, 2018).

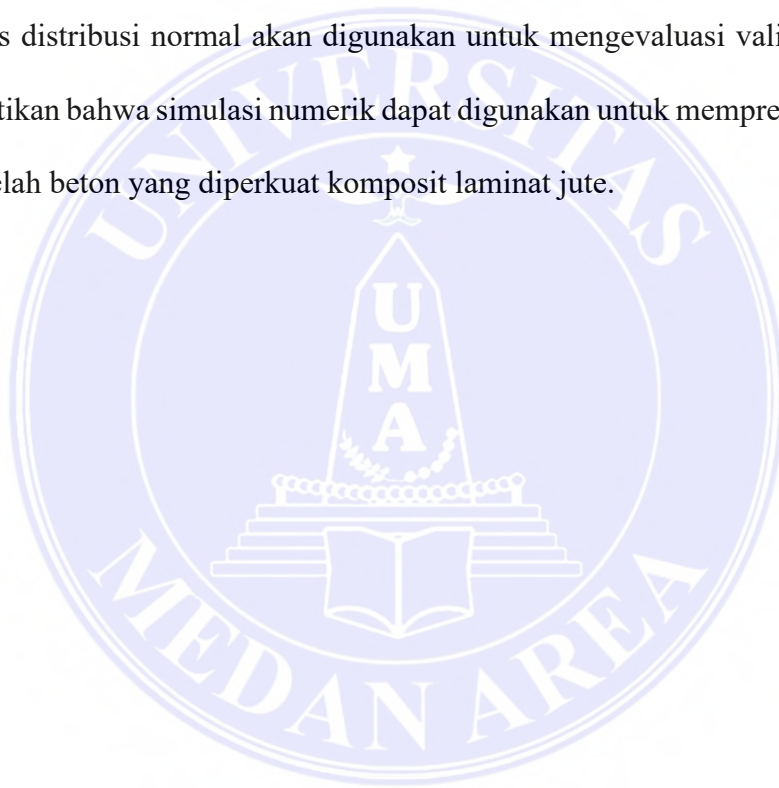
progresi suhu dinding mulai dari gas mengalir, analisis transient harus dilakukan. dengan menggunakan *Mechanical APDPL*, distribusi suhu pada dinding cerobong dapat diprediksi. Gambar 2.12. menggambarkan distribusi suhu beberapa waktu setelah gas mengalir (Hajar Isworo, 2018).



Gambar 2.12. Suhu pada dinding cerobong pada waktu yang berbeda.

2.9 Validasi Data Eksperimental

Validasi data eksperimental adalah proses untuk memastikan bahwa hasil simulasi numerik konsisten dengan hasil eksperimen yang telah dilakukan. Salah satu metode yang digunakan untuk validasi data adalah dengan analisis distribusi normal. Data hasil pengujian yang terdistribusi normal menunjukkan bahwa data tersebut Kesimpulan dan dapat dipercaya. Dalam penelitian ini, hasil simulasi numerik akan dibandingkan dengan data eksperimental yang telah diperoleh. Analisis distribusi normal akan digunakan untuk mengevaluasi validitas data dan memastikan bahwa simulasi numerik dapat digunakan untuk memprediksi kekuatan tarik belah beton yang diperkuat komposit laminat jute.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium *Impact Fracture and Research Center* (IFRC) Jalan Tri Dharma, kampus USU 20155. Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian diperlihatkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Tahun 2025															
		Juni				Juli				Februari				Maret			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengajuan Judul	■	■														
2	Penulisan Proposal			■	■												
3	Seminar Proposal					■	■										
4	Proses Penelitian						■	■	■	■							
5	Pengolahan Data									■	■	■	■				
6	Penyelesaian Laporan										■	■	■	■			
7	Seminar hasil													■	■		
8	Evaluasi dan Persiapan Sidang														■	■	■
9	Sidang Sarjana																■

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

a) Laptop

Laptop merupakan salah satu jenis komputer yang diklasifikasikan sebagai komputer pribadi dengan jenis portabel yang bisa dibawa kemana saja, dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1.Laptop Lenovo Thinkpad Core i7

b) ANSYS

Perangkat lunak Ansys *Blade Modeler* adalah alat khusus dan mudah digunakan untuk desain 3D cepat komponen mesin berputar, dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2.Software ANSYS

c) Software Excel

Microsoft Excel adalah program perangkat lunak lembar bentang yang terkemuka di industri, dan merupakan alat analisis serta visualisasi data yang canggih,dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3.Microsoft Excel

3.2.2 Bahan

Bahan yang akan diuji di penelitian ini adalah hasil eksperimen Analisis Metode Split Tensile Test Komposit Laminat Jute Terhadap Kekuatan Tarik Beton Kolom Silinder yang diuji oleh Nurul Hidayat pada tahun 2023.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dirancang untuk melakukan simulasi numerik terhadap kekuatan tarik belah komposit laminat jute/epoksi yang digunakan sebagai penguat beton kolom silinder. Data-data eksperimental yang telah diperoleh dari penelitian sebelumnya akan divalidasi melalui simulasi menggunakan software Ansys Workbench 2022. Metode elemen hingga akan diterapkan untuk memodelkan dan menganalisis perilaku mekanis material komposit dalam kondisi pembebanan tertentu.

3.4 Pengolahan Data dan Sampel

Pengolahan Data:

- a. Ekstrak data distribusi tegangan dan deformasi dari hasil simulasi *Ansys Workbench*.
- b. Bandingkan data hasil simulasi dengan data eksperimental untuk setiap variasi jumlah lapisan komposit.

Analisis Statistik:

- a. Lakukan analisis statistik untuk mengevaluasi perbedaan antara hasil simulasi dan data eksperimental.

- b. Gunakan uji-t dan analisis varians (ANOVA) untuk menentukan signifikansi perbedaan hasil.

Interpretasi Hasil:

- a. Interpretasikan hasil simulasi untuk memahami perilaku material komposit laminat jute/epoksi pada beton.
- b. Identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan dan pola kerusakan pada spesimen.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pengumpulan Data Eksperimental

Data eksperimental yang telah diperoleh meliputi:

1. Kekuatan tarik belah beton kolom silinder yang diperkuat dengan variasi lapisan komposit laminat jute (1, 2, dan 3 lapisan).
2. Tegangan dan regangan yang terjadi pada masing-masing spesimen selama uji tarik belah.
3. Data distribusi normal dari hasil pengujian untuk validasi data.

3.5.2 Pembuatan Model Simulasi

- a. Persiapan Model Geometri: Membuat model geometri beton kolom silinder dan lapisan komposit laminat jute sesuai dengan spesifikasi eksperimental menggunakan Ansys Workbench 2022.
 1. Dimensi silinder beton: diameter 50 mm dan tinggi 150 mm.
 2. Variasi lapisan komposit: 1 hingga 3 lapisan.
- b. Definisi Material: Menetapkan Kesimpul material untuk beton dan komposit laminat jute/epoksi berdasarkan literatur dan data eksperimental.

1. Beton: modulus elastisitas, kuat tekan, dan kuat tarik.
2. Komposit jute/epoksi: modulus elastisitas, kekuatan tarik, dan sifat adhesi.
- c. Pembuatan Mesh: Membagi model geometri menjadi elemen-elemen kecil untuk analisis elemen hingga.
 1. Penggunaan elemen tetrahedral atau hexahedral sesuai dengan kebutuhan analisis.
 2. Pengaturan ukuran mesh yang sesuai untuk mencapai keseimbangan antara akurasi dan efisiensi komputasi.

3.5.3 Simulasi Numerik

- a. Definisi Beban dan Kondisi Batas: Menetapkan kondisi pembebanan dan Kesimpulannya sesuai dengan uji tarik belah.
 1. Beban aksial tarik yang diberikan pada kedua ujung silinder.
 2. Kondisi batas tetap pada permukaan silinder yang lain.
- b. Analisis Simulasi: Menjalankan simulasi numerik menggunakan Ansys Workbench 2022.
 1. Simulasi dilakukan untuk setiap variasi lapisan komposit (1, 2, dan 3 lapisan).
 2. Pengumpulan data hasil simulasi termasuk tegangan, regangan, dan kekuatan tarik belah.

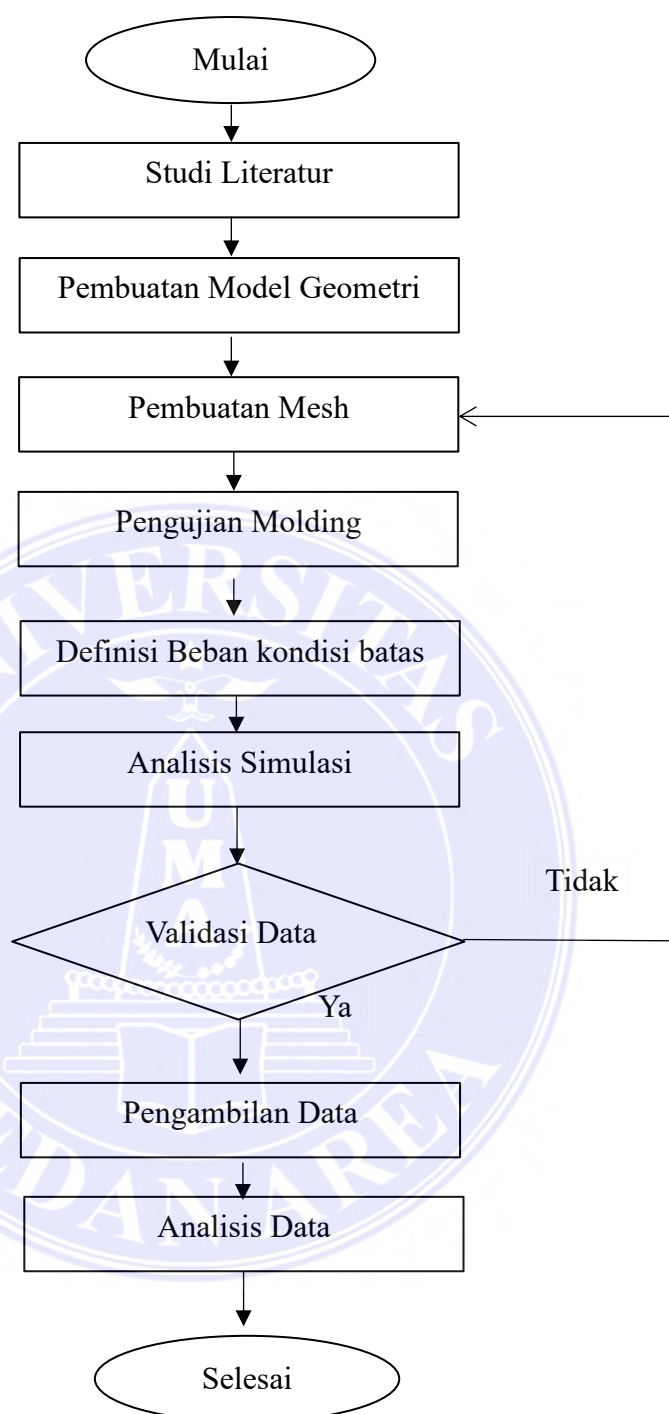
3.5.4 Validasi Data Simulasi

- a. Perbandingan Hasil: Membandingkan hasil simulasi numerik dengan data eksperimental yang telah diperoleh.

1. Analisis perbedaan antara hasil simulasi dan hasil eksperimen.
2. Evaluasi validitas data simulasi dengan menggunakan metode distribusi normal.
- b. Analisis Statistik: Menggunakan uji statistik untuk mengevaluasi kesesuaian antara hasil simulasi dan data eksperimental.
 1. Uji T untuk membandingkan rata-rata hasil simulasi dan eksperimen.
 2. Analisis korelasi untuk menentukan hubungan antara hasil simulasi dan eksperimen.

3.5.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir Penelitian ini merupakan proses penelitian yang akan dilalui oleh penulis sehingga dapat mengumpulkan data yang diperlukan dalam sebuah penelitian, dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian

3.6 Jadwal Penelitian

Penelitian dilakukan dilakukan dengan simulasi dimulai dari Studi literatur hingga sampai Seminar Hasil. Jadwal kegiatan penelitian diperlihatkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jadwal Kegiatan

Kegiatan	1	2	3	4	5	6
Studi Literatur	■					
Persiapan Alat dan Bahan		■				
Pengembangan Model Simulasi Numerik			■			
Simulasi dengan Ansys Workbench 2022				■		
Validasi Hasil Simulasi dengan Data Eksperimental				■		
Analisis Hasil Simulasi					■	
Penyusunan Laporan Akhir						■
Seminar Hasil						■

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan simulasi kekuatan tarik belah yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Model geometri dirancang berbentuk silinder dengan lapisan laminat jute/epoksi bervariasi dari 1 sampai 3 lapisan dengan ketebalan total masing-masing 2 mm per lapisan. Lakukan pemodelan mesh pada struktur kolom beton dan lapisan komposit Jute/Epoksi dengan diameter 5 mm. Kondisi batas diterapkan mencakup penjepitan satu ujung dan pemberian beban tekan aksial. Penambahan laminat jute/epoksi secara signifikan meningkatkan kekuatan tarik belah beton kolom silinder. Spesimen dengan tiga lapisan laminat (J3) menunjukkan kekuatan tarik belah tertinggi, mencapai peningkatan hingga 241% dibandingkan beton tanpa laminat. Hal ini menunjukkan bahwa laminat jute/epoksi merupakan solusi penguatan yang efektif untuk material beton. Dengan demikian, pemberian selubung komposit laminat Jute/Epoksi secara simulasi numerik terbukti efektivitas dalam meningkatkan kekuatan tarik belah beton kolom silinder.
2. Simulasi numerik menggunakan ANSYS Workbench 2022 memberikan gambaran distribusi tegangan dan regangan pada spesimen, yang di visualisasi dalam bentuk kontur warna. Dalam spesimen tanpa laminat (S0), tegangan maksimum tercatat lebih rendah dibandingkan dengan spesimen yang dilapisi laminat. Regangan terbesar pada spesimen tanpa

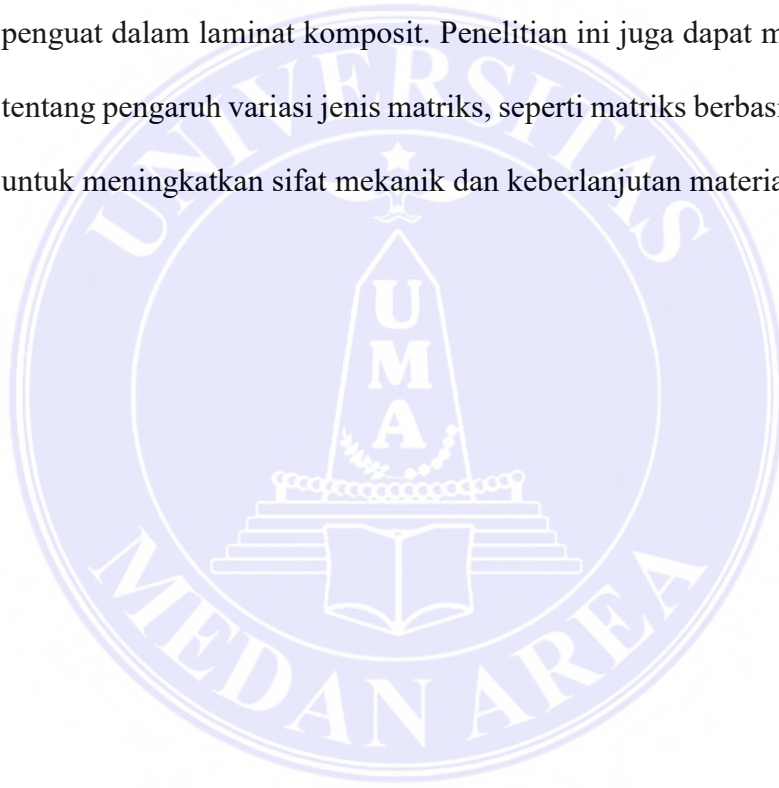
laminat (S0), terlihat terkonsentrasi di sekitar bagian tengah yang mengindikasikan bahwa spesimen cenderung lebih mudah mengalami kerusakan akibat deformasi tinggi. Hasil simulasi numerik menggunakan ANSYS Workbench menunjukkan kesesuaian yang baik dengan data eksperimental, sebagaimana dibuktikan oleh hasil uji ANOVA dengan nilai p-value sebesar 0,5, yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara hasil simulasi dan hasil eksperimen. Hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa laminat jute/epoksi mampu mendistribusikan tegangan dan regangan secara lebih merata pada spesimen beton kolom silinder. Area dengan tegangan maksimum berkurang intensitasnya seiring bertambahnya jumlah lapisan laminat, sehingga mengurangi risiko kerusakan awal dan meningkatkan durabilitas material. Dengan demikian, hasil simulasi numerik memperlihatkan pemberian selubung komposit laminat Jute/Epoksi menyebabkan distribusi tegangan dan regangan yang lebih merata dalam beton kolom silinder.

5.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan terutama untuk pengembangan penelitian ini dimasa akan datang ialah:

1. Penelitian lanjutan sebaiknya difokuskan pada optimasi jumlah lapisan laminat dan susunan material jute/epoksi untuk mencapai keseimbangan optimal antara kekuatan mekanik dan efisiensi penggunaan material. Hal ini dapat melibatkan variasi tebal laminat, orientasi serat, atau kombinasi material penguat lainnya.

2. Untuk meningkatkan validitas hasil penelitian, pengujian eksperimental pada spesimen beton kolom silinder yang diperkuat laminat jute/epoksi perlu dilakukan. Data eksperimen dapat digunakan untuk memvalidasi hasil simulasi numerik serta memberikan pemahaman lebih mendalam tentang perilaku material di bawah pembebanan aktual.
3. Selain jute, penelitian ke depan dapat mengeksplorasi potensi serat alami lainnya, seperti serat kenaf, sisal, atau hemp, untuk digunakan sebagai penguat dalam laminat komposit. Penelitian ini juga dapat mencakup studi tentang pengaruh variasi jenis matriks, seperti matriks berbasis bio-polimer, untuk meningkatkan sifat mekanik dan keberlanjutan material komposit.



DAFTAR PUSTAKA

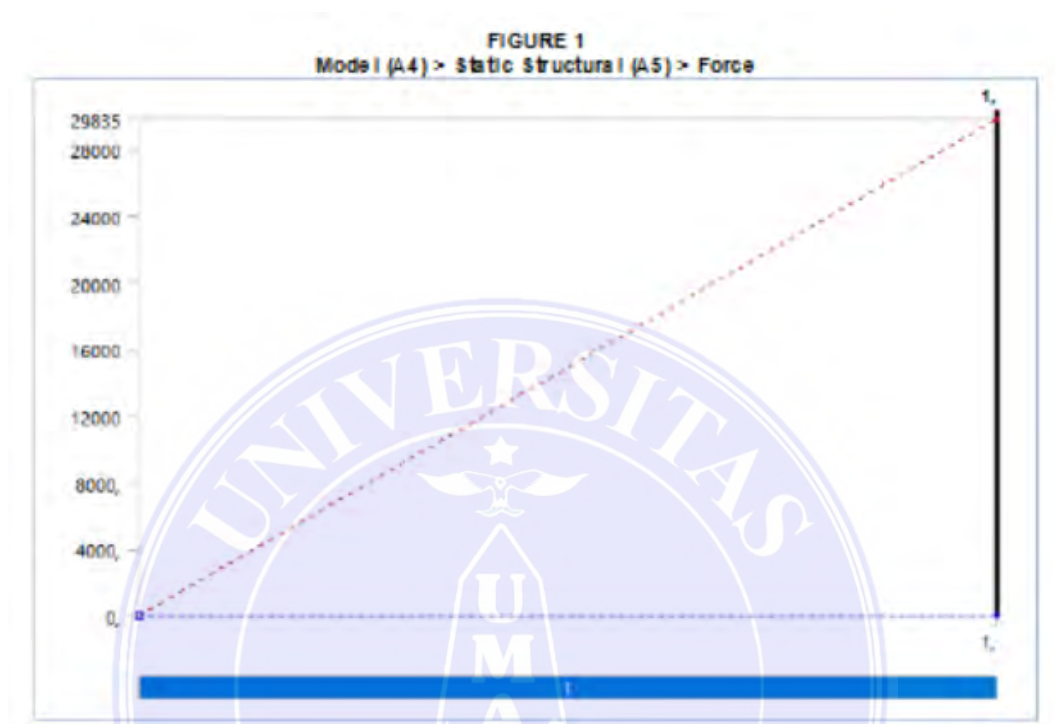
- Alirezaei, S., Dariushi, S., & Beheshty, M. H. (2020). Tensile Properties of Jute/Epoxy/Aluminum Hybrid Laminates. *Eco-Friendly and Smart Polymer Systems*, 255–258.
- Alshoaibi, A. M., Ghouth, A. A. Bin, & Fageehi, Y. A. (2019). Three- Dimensional Simulation of Crack Propagation using Finite Element Method. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(2), 892–897. <https://doi.org/10.35940/ijeat.a1895.129219>
- Dian Rusdiana. (2008). *Proses Manufaktur Pintu Kereta Api dari Bahan Komposit Sandwich Berpenguat Serat Gelas dengan Core Kayu Sengon Laut (Metode Dry Vacuum)*. Yogyakarta.
- Doni Alfiah Siregar. (2022). Analisis Kekuatan Tekan Bahan Komposit Laminat Jute Epoksi Sebagai Penguat Struktur Beton. 4-18.
- Dobrzański, P., & Oleksiak, W. (2021). Design and Analysis Methods for Composite Bonded Joints. *Transactions on Aerospace Research*, 2021(1), 45–63.
- E. J. Kumaat. (2015). Pengujian Kuat Tarik Belah Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. 3(10), 703-708.
- Hajar Isworo. (2018). *Buku Ajar Metode Elemen Hingga HMKB654*. Banjarmasin.
- I Putu Widi Satya Putra Arisudana. (2020). *Analisa Uji Tarik Dan Impak Penguat Karbon, Campuran Epoxy-Karet Silikon 30%,40%,50%, Rami, Dan Kapas Matrik Epoxy*. Malang.
- Jalammanavar, K., Pujar, N., & Raj, R. V. (2018). Finite Element Study On Mesh Discretization Error Estimation For Ansys Workbench. *2018 International Conference on Computational Techniques, Electronics and Mechanical Systems (CTEMS)*, 344–350.
- Khalifa, M. Z. (2021). The effects of multi-layers surfaces on the elastic deformation of journal bearing. *Journal of Engineering Science and Technology*, 16(4), 3521–3533.
- Matuszewski, M. (2019). Modeling of 3D temperature field in butt welded joint of 6060 alloy sheets using the ANSYS program. *9th International Scientific Conference - Research and Development of Mechanical Elements and Systems (IRMES 2019)*, 012034.
- M. A. Rasyid. (2022). Analisis Kekuatan Tarik Komposit Laminat Jute Berdasarkan Pola Kerusakan Kolom Silinder Metode Split Tensile Test. 1(2).
- Mulyati. (2013). *Bahan Ajar Mekanika Kekuatan Bahan*. Padang.
- Wang, X., Wang, L., Ji, W., Hao, Q., Zhang, G., & Meng, Q. (2019). Characterization of KH-560-Modified Jute Fabric/Epoxy Laminated Composites: Surface Structure, and Thermal and Mechanical Properties. *Polymers*, 11(5), 11050769.
- Zareei, N., Geranmayeh, A., & Eslami-Farsani, R. (2019). Interlaminar shear strength and tensile properties of environmentally-friendly fiber metal laminates reinforced by hybrid basalt and jute fibers. *Polymer Testing*, 75(1), 205–212.
- Zulfikar, A. J., Yaakob, M. Y., & Syah, R. (2023). Application of E-Glass Jute Hybrid Laminat Composite With Curved Shape on Compressive Strength of

Cylindrical Column Concrete. *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, 5(1), 184–196.
<https://doi.org/10.37385/jaets.v5i1.2072>

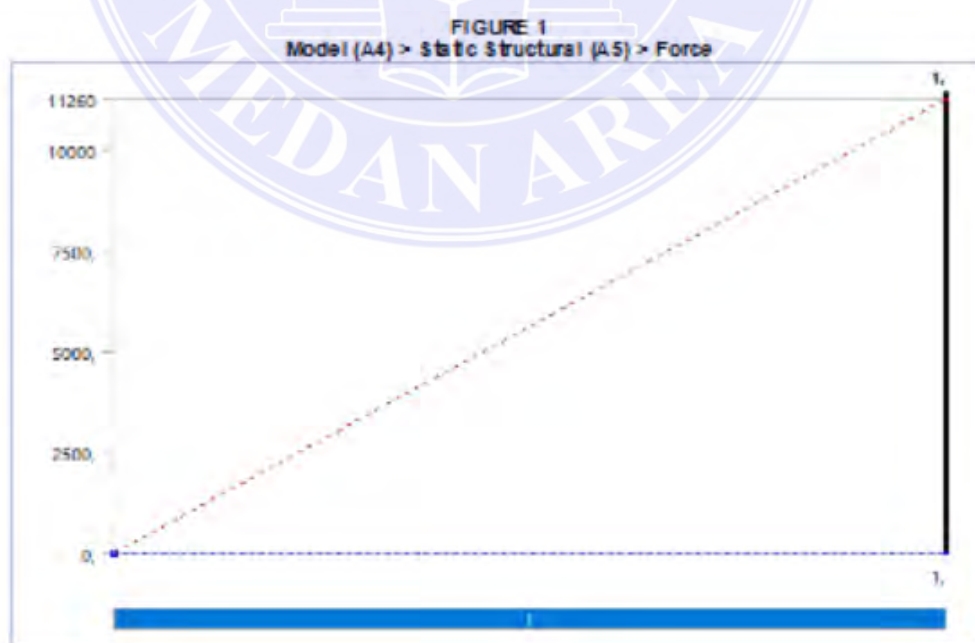


LAMPIRAN

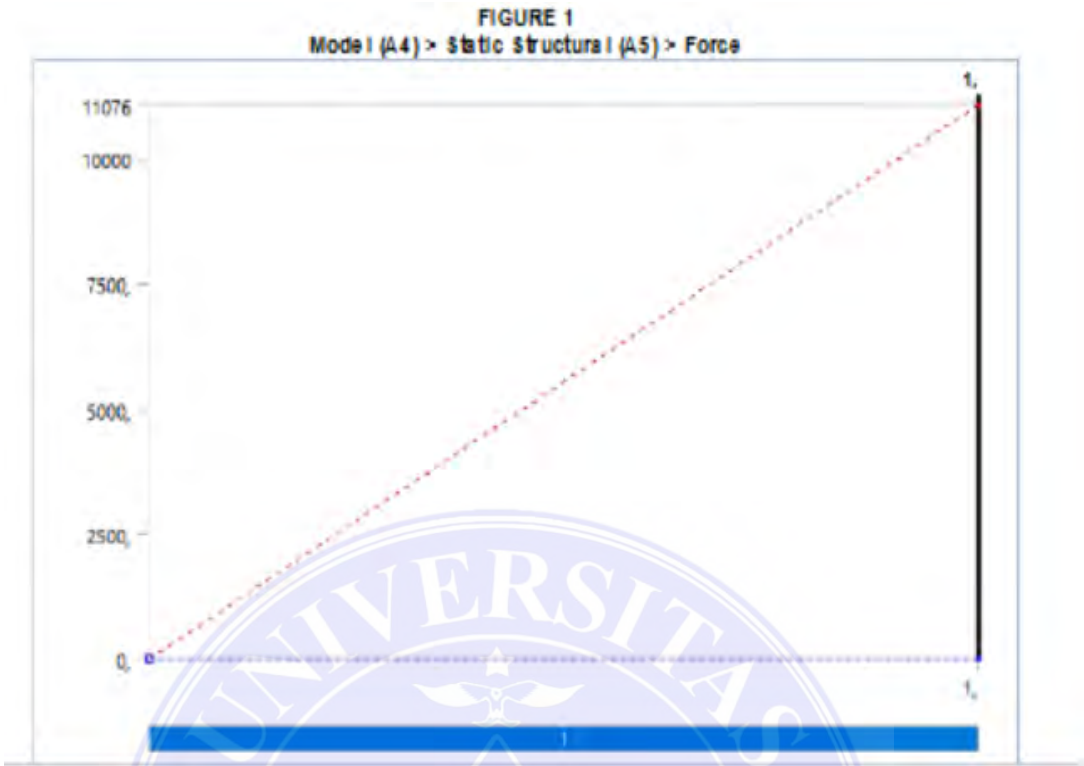
Grafik pembebanan pada spesimen hingga mengalami kegagalan dengan menggunakan ANSYS Workbench 2022



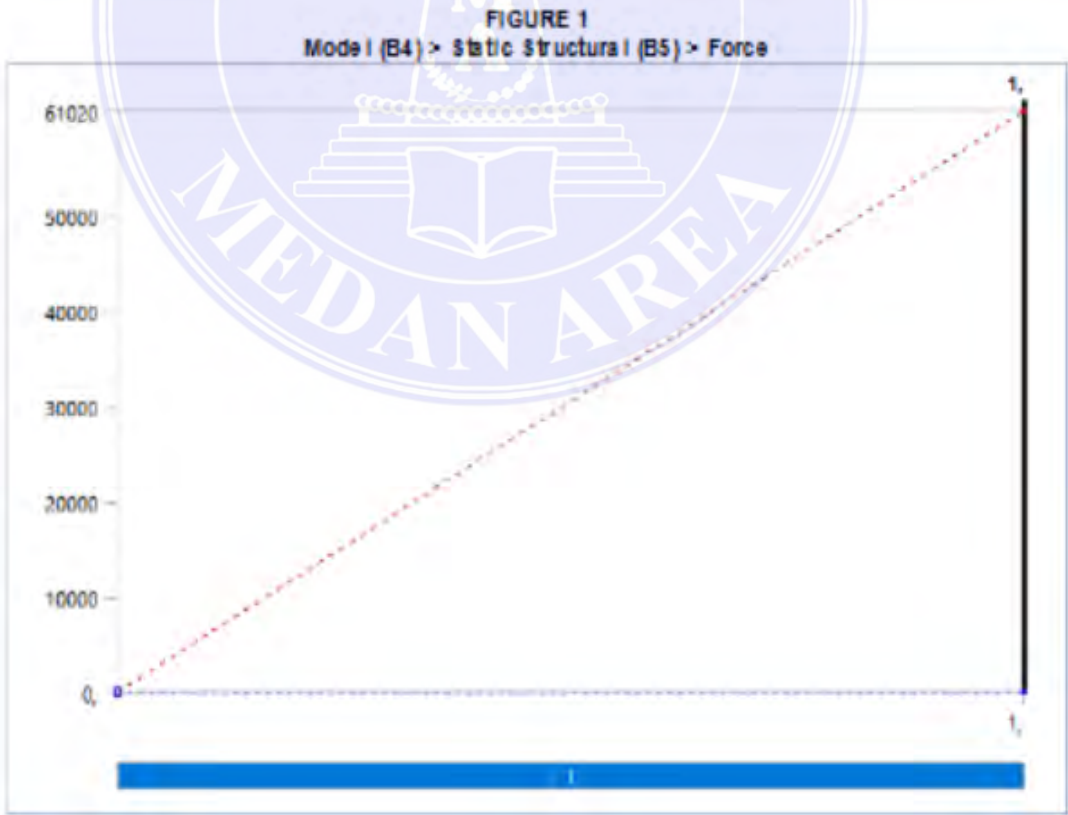
S0.1



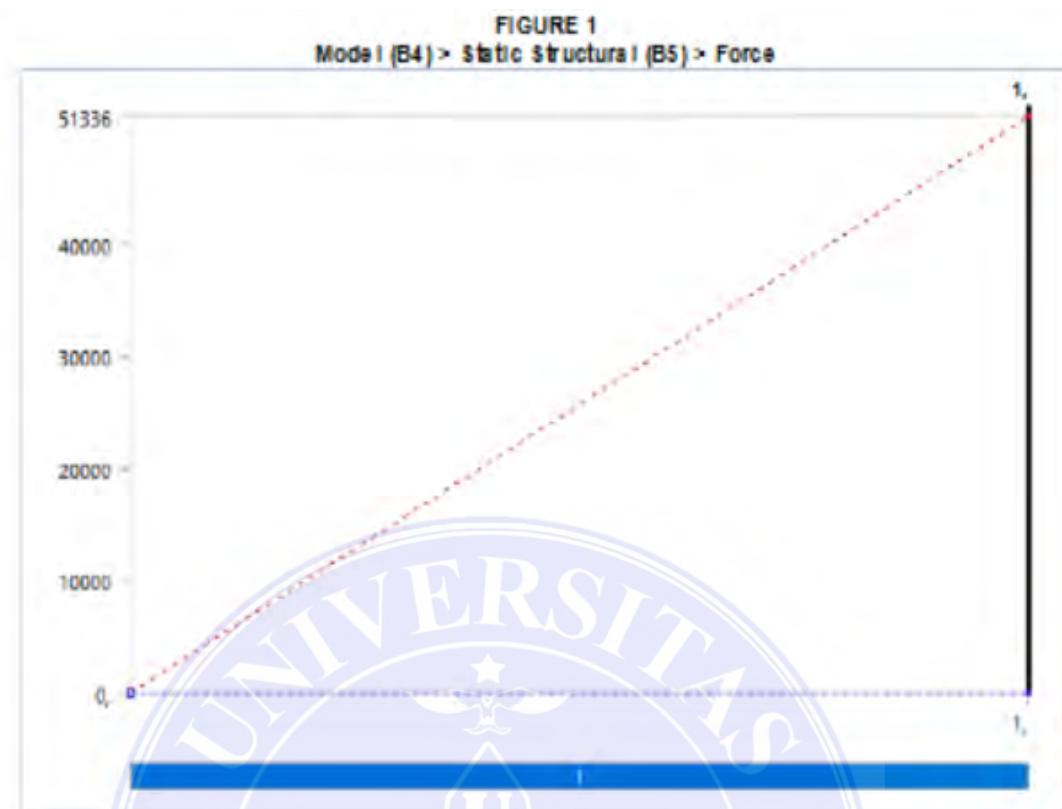
S0.2



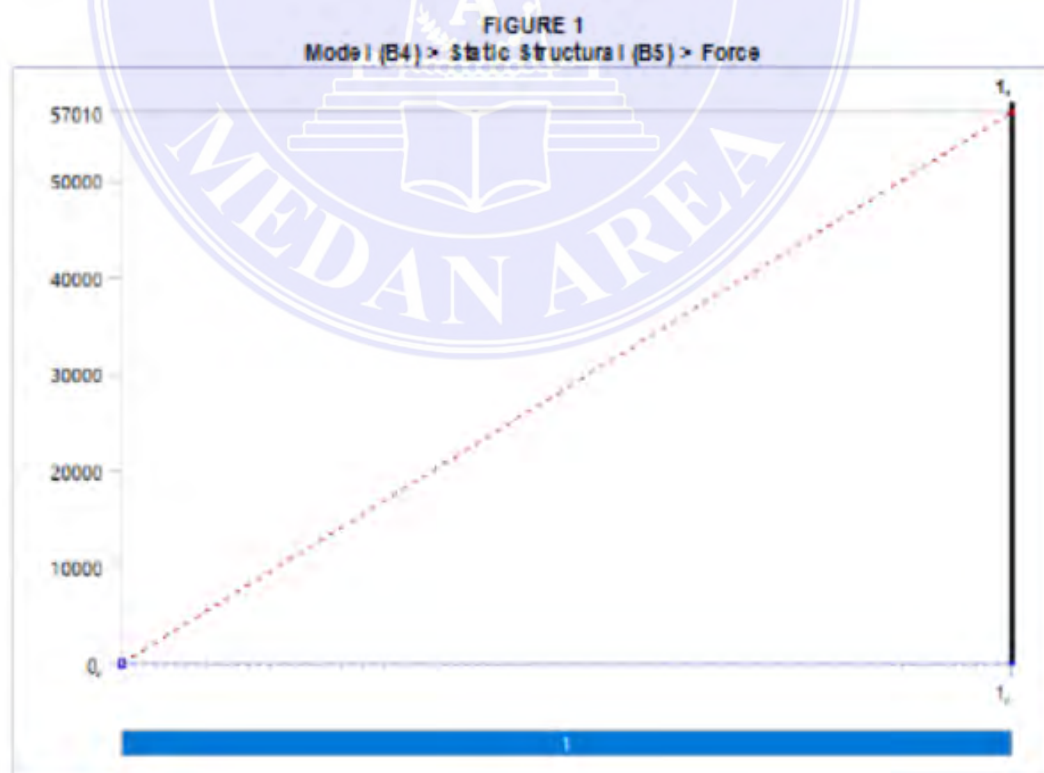
S0.3



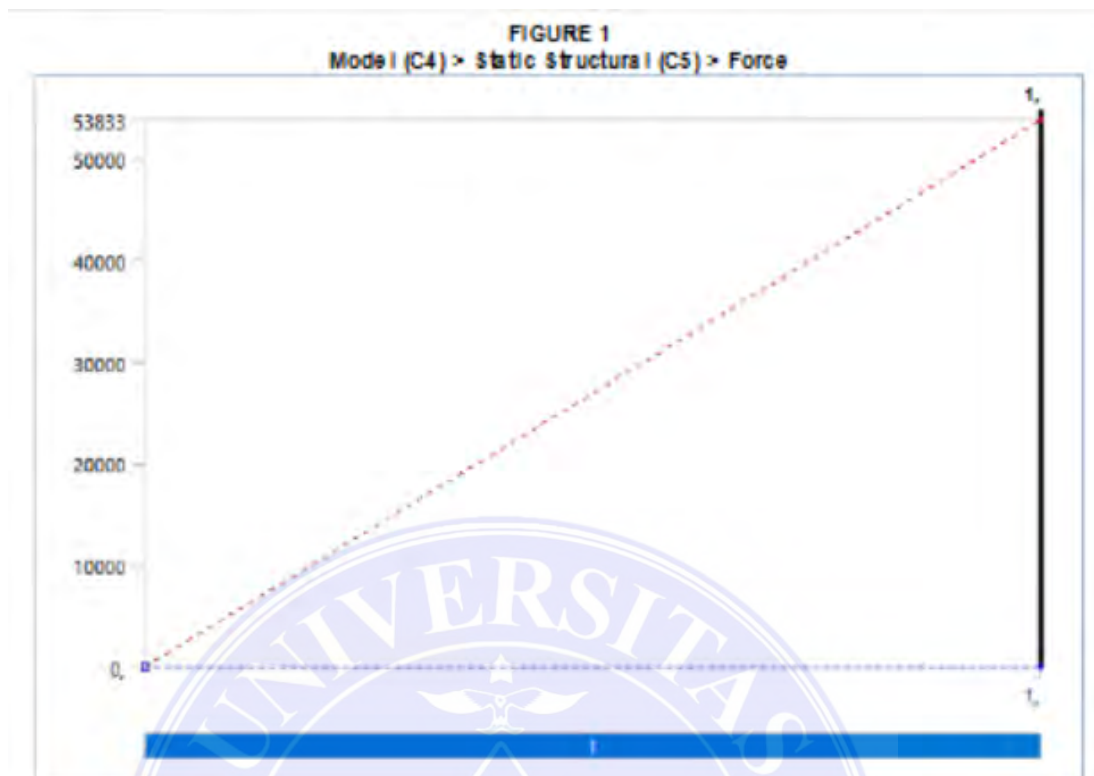
J1.1



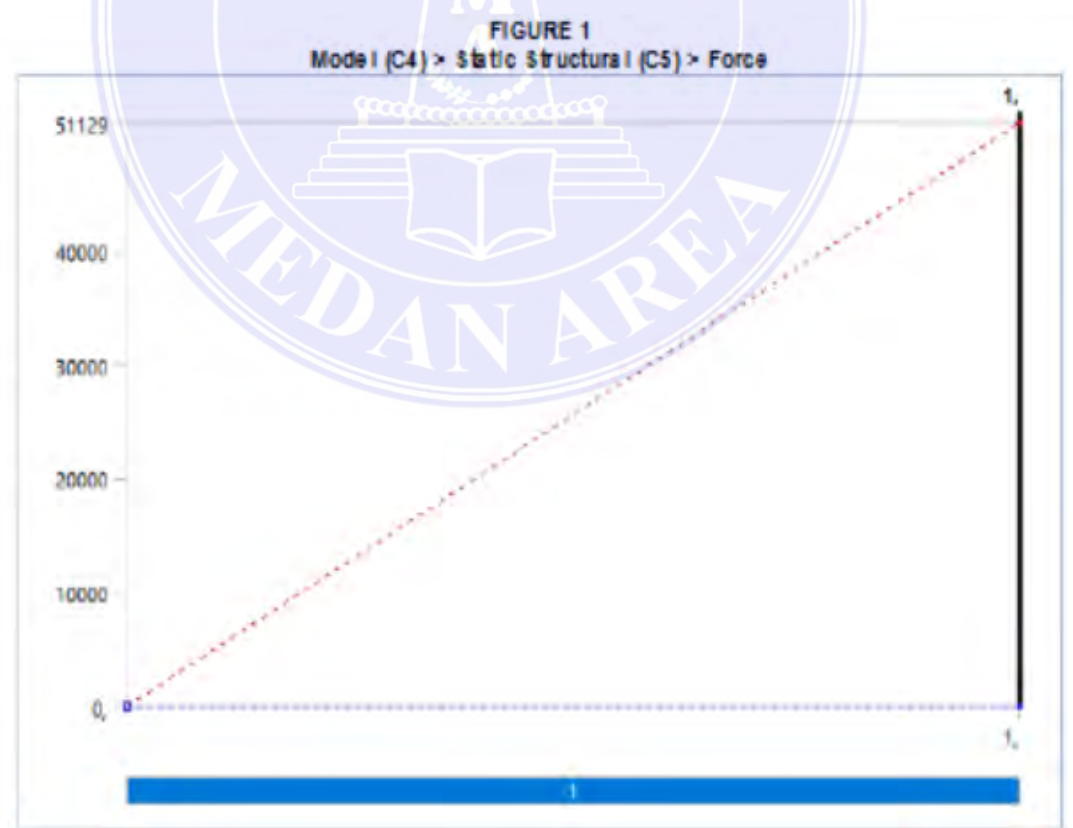
J1.2



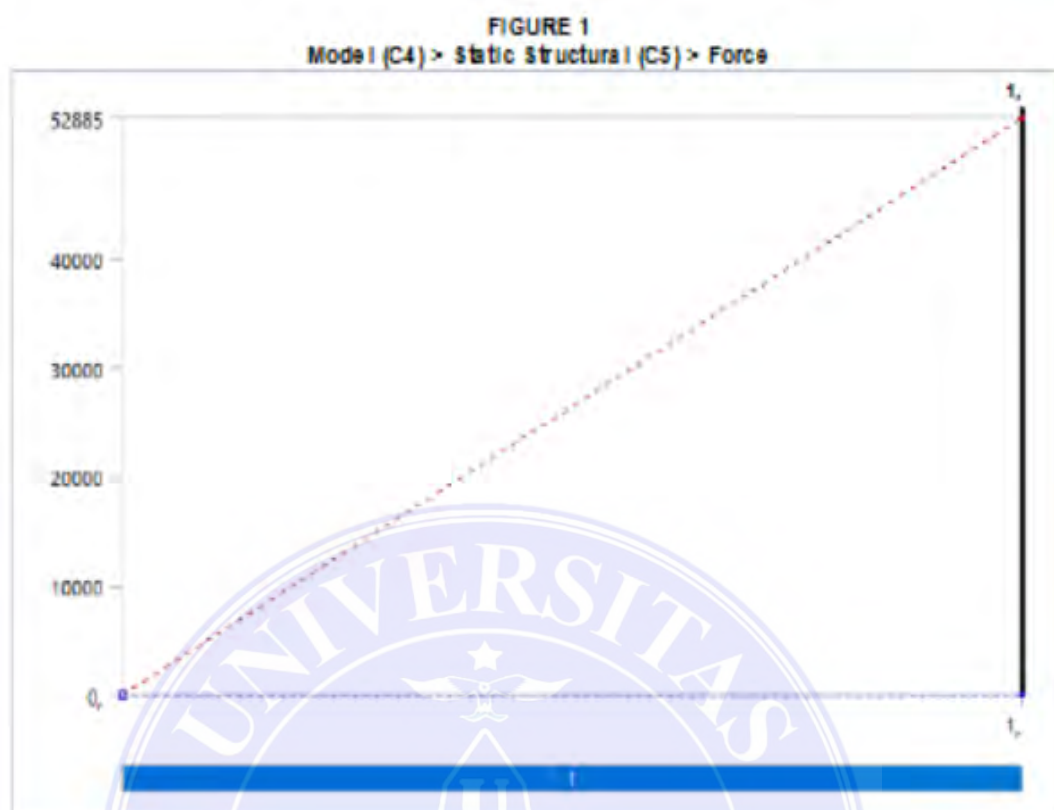
J1.3



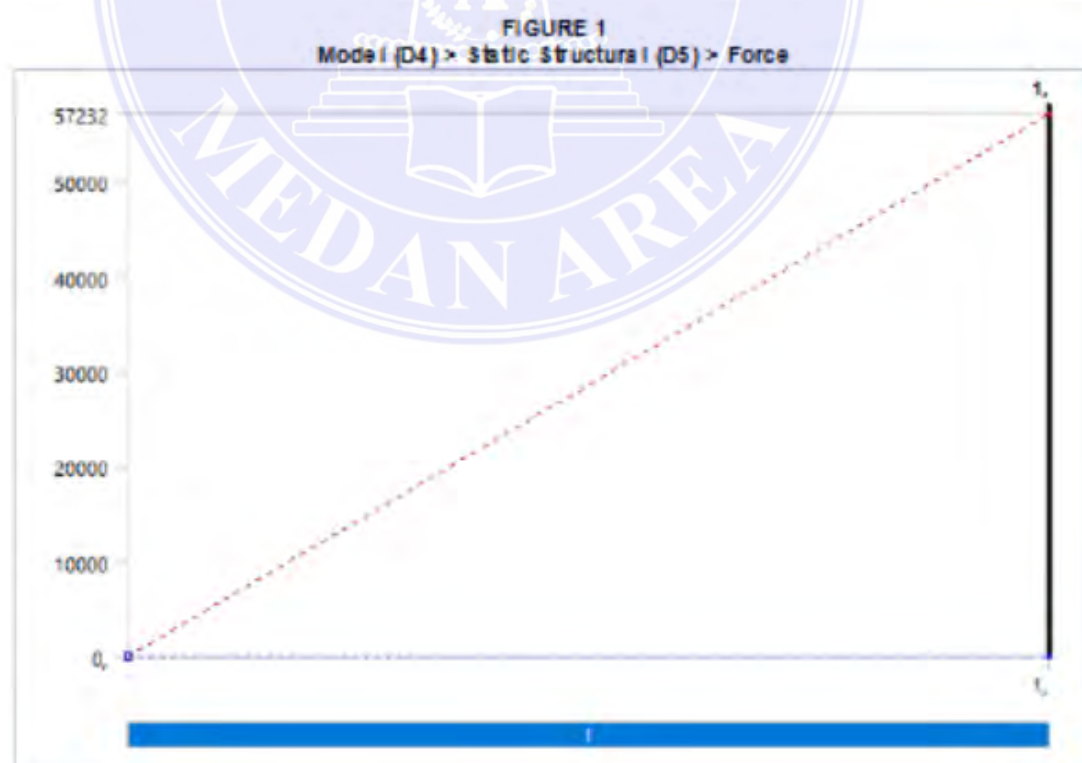
J2.1



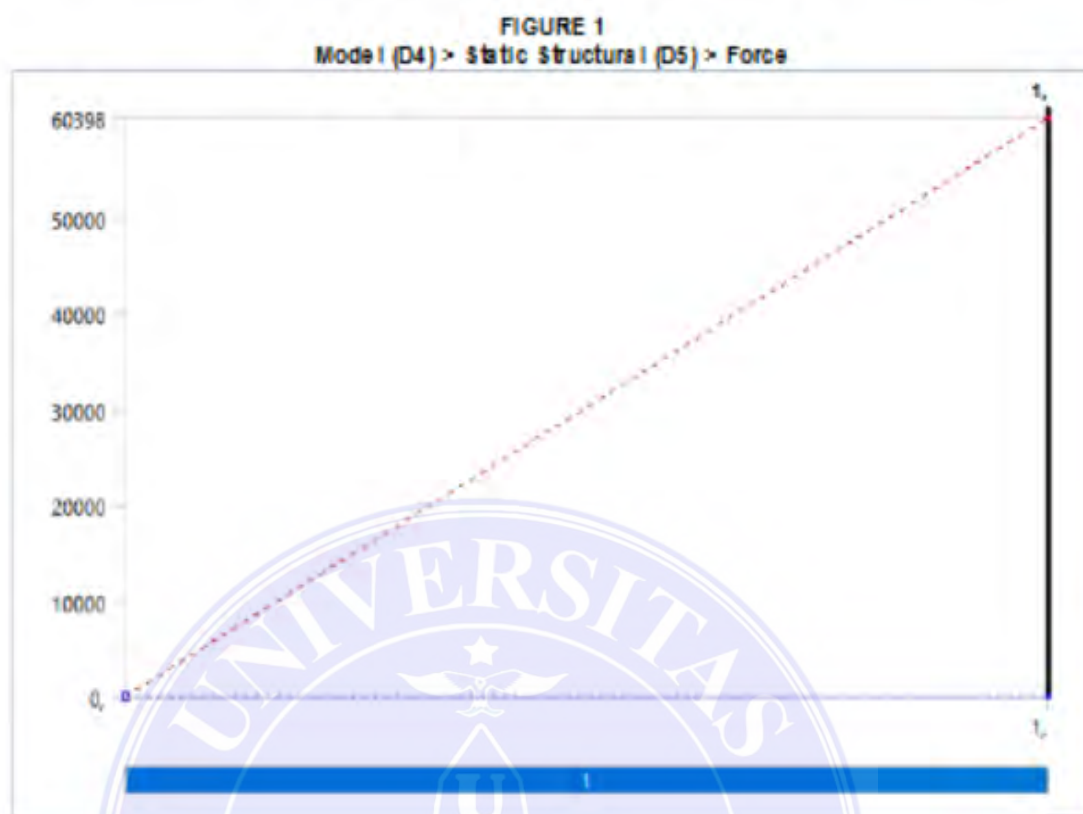
J2.2



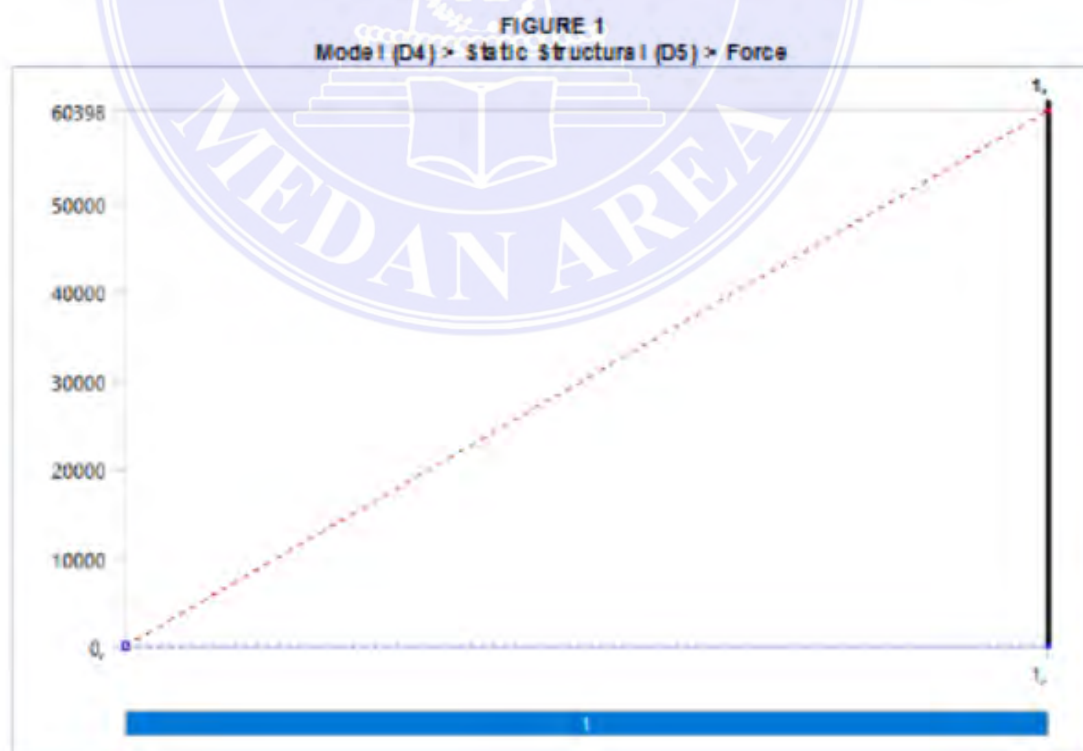
J2.3



J3.1



J3.2



J3.3