

**ANALISIS KETANGGUHAN BAHAN KOMPOSIT LAMINAT HIBRID
JUTE E-GLASS AKIBAT BEBAN LENTUR**

SKRIPSI

OLEH :

RISKI CHANDRA

178130059



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/8/26

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

**ANALISIS KETANGGUHAN BAHAN KOMPOSIT LAMINAT
HIBRID *JUTE E-GLASS* AKIBAT BEBAN LENTUR**

SKRIPSI

OLEH :

RISKI CHANDRA

178130059



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/8/26

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)11/8/26

HALAMAN JUDUL

ANALISIS KETANGGUHAN BAHAN KOMPOSIT LAMINAT HIBRID *JUTE E-GLASS* AKIBAT BEBAN LENTUR

SKRIPSI

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



OLEH :

RISKI CHANDRA

178130059

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/8/26

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)11/8/26

HALAMAN PENGESAHAN SEMINAR HASIL

Judul Proposal : Analisis Ketangguhan Bahan Komposit Laminat Hibrid *Jute E-Glass* Akibat Beban Lentur
Nama Mahasiswa : Riski chandra
NIM : 178130059
Bidang Keahlian : Manufaktur

(Zulfikar, ST, MT)

Pembimbing I



(Eng Supriatno, S.T., M.T.)

Dekan



(Medi Wahid, S.T., M.T.)

Ra. Prodi/ WD 1

Tanggal Lulus:

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 11/8/26

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 norma, 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.



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

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Riski Chandra

NPM : 178130059

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Tugas Akhir

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 : Analisis Kekuatan Lentur Bahan Komposit Laminat *Hibrid Jute E-Glass*.

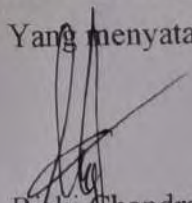
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), Merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di: Medan

Pada Tanggal : 19 Juni 2024

Yang menyatakan


Riski Chandra

ABSTRAK

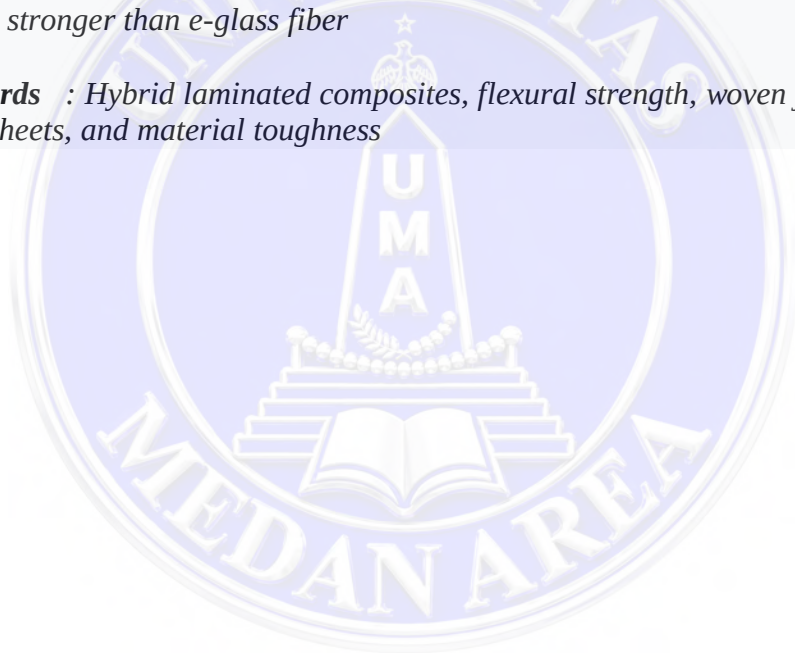
Bahan-bahan hibrid menjadi alternatif yang cukup menjanjikan dalam menghasilkan bahan-bahan teknik dengan sifat-sifat mekanik yang lebih baik dari bahan-bahan penyusunnya sehingga bisa memenuhi persyaratan tertentu. Studi ini bertujuan untuk menghitung jumlah energy yang mampu diserap oleh bahan komposit laminat hybrid jute e-glass, analisis perbandingan terhadap kekuatan lentur dengan ketangguhan bahan (EKB). Pengujian lentur menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* (UTM) kapasitas 40 kN. Dan bahan baku yang di gunakan untuk spesimen yaitu : kain anyaman jute, anyaman *e-glass*, dan *resin epoxy*. Dengan menggunakan standar uji ASTM D790. Jumlah varian spesimen ada 6 varian yang dimana memiliki pengulangan 3 kali. Terdiri dari 3 lapisan dan ada juga memiliki 4 lapis. Hasil studi memperlihatkan bahwa penyerapan energi dengan rata-rata EKB paling besar di peroleh varian JJJG yaitu 12469,86 Joule berbanding dengan specimen varian JGJ rata-rata memperoleh sebesar 5755,831 Joule. semakin banyak serat jute pada specimen semakin besar pula energy yang di dapatkan. Dan untuk kekuatan lentur dimana specimen GJJG rata-rata memperoleh 56,96 Mpa berbanding dengan specimen varian GJG rata-rata menghasilkan 21,07 Mpa. Dimana pemberian serat jute akan lebih kuat dibandingkan dengan serat e-glass

Kata kunci : Komposit laminat hibrid, kekuatan lentur, lembar *jute* anyaman, lembar *e-glass*, dan ketangguhan bahan

ABSTRACT

Hybrid materials are a promising alternative in producing engineering materials with better mechanical properties than their constituent materials so that they can meet certain requirements. This study aims to calculate the amount of energy that can be absorbed by e-glass hybrid jute laminate composite materials, comparative analysis of flexural strength with material toughness (EKB). Flexure testing used a Universal Testing Machine (UTM) with a capacity of 40 kN. And the raw materials used for the specimens are: jute woven fabric, e-glass woven, and epoxy resin. By using ASTM D790 test standard. The number of specimen variants there are 6 variants which have 3 repetitions. It consists of 3 layers and some also have 4 layers. The results of the study showed that the JJJG variant obtained the greatest energy absorption with an average EKB of 12469.86 Joules compared to the JGJ variant specimens with an average gain of 5755.831 Joules. the more jute fiber in the specimen, the greater the energy obtained. And for the flexural strength, the GJGJ specimens averaged 56.96 MPa compared to the GJG variant specimens, which averaged 21.07 MPa. Where the provision of jute fiber will be stronger than e-glass fiber

Keywords : Hybrid laminated composites, flexural strength, woven jute sheets, e-glass sheets, and material toughness



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Medan Pada tanggal 17 Agustus 1999 dari ayah Syahrul Caniago dari Nur Hasisah Lubis Penulis merupakan putra pertama dari 3 bersaudara

Tahun 2017 Penulis lulus dari SMK N2 Medan dan pada tahun 2017 terdatar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area

Selama mengikuti perkuliahan, penulis menjadi asisten mata kuliah Manufaktur pada tahun ajaran 2019 pada tahun 2022 Penulis melaksanakan PKL di CV TUNAS HARAPAN JADI.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa oleh karena berkat dan Ridho-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi starta satu (S1) jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan area.

Adapun judul penulisan skripsi yang diambil adalah “Analisis Ketangguhan Bahan Komposit Laminat Hibrid *Jute E-Glass* Akibat Beban Lentur” Selama penelitian dan penulisan skripsi ini banyak sekali hambatan yang penulis alami, namun berkat bantuan, dorongan serta bimbingan dari berbagai pihak.

Penulis beranggapan bahwa skripsi ini merupakan karya terbaik yang dapat penulis persembahkan. Tetapi penulis menyadari bahwa tidak tertutup kemungkinan didalamnya terdapat kekurangan-kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi parapembaca pada umumnya.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan serta petunjuk dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya.

Medan, 19 Juni 2024

Penulis

RISKY CHANDRA

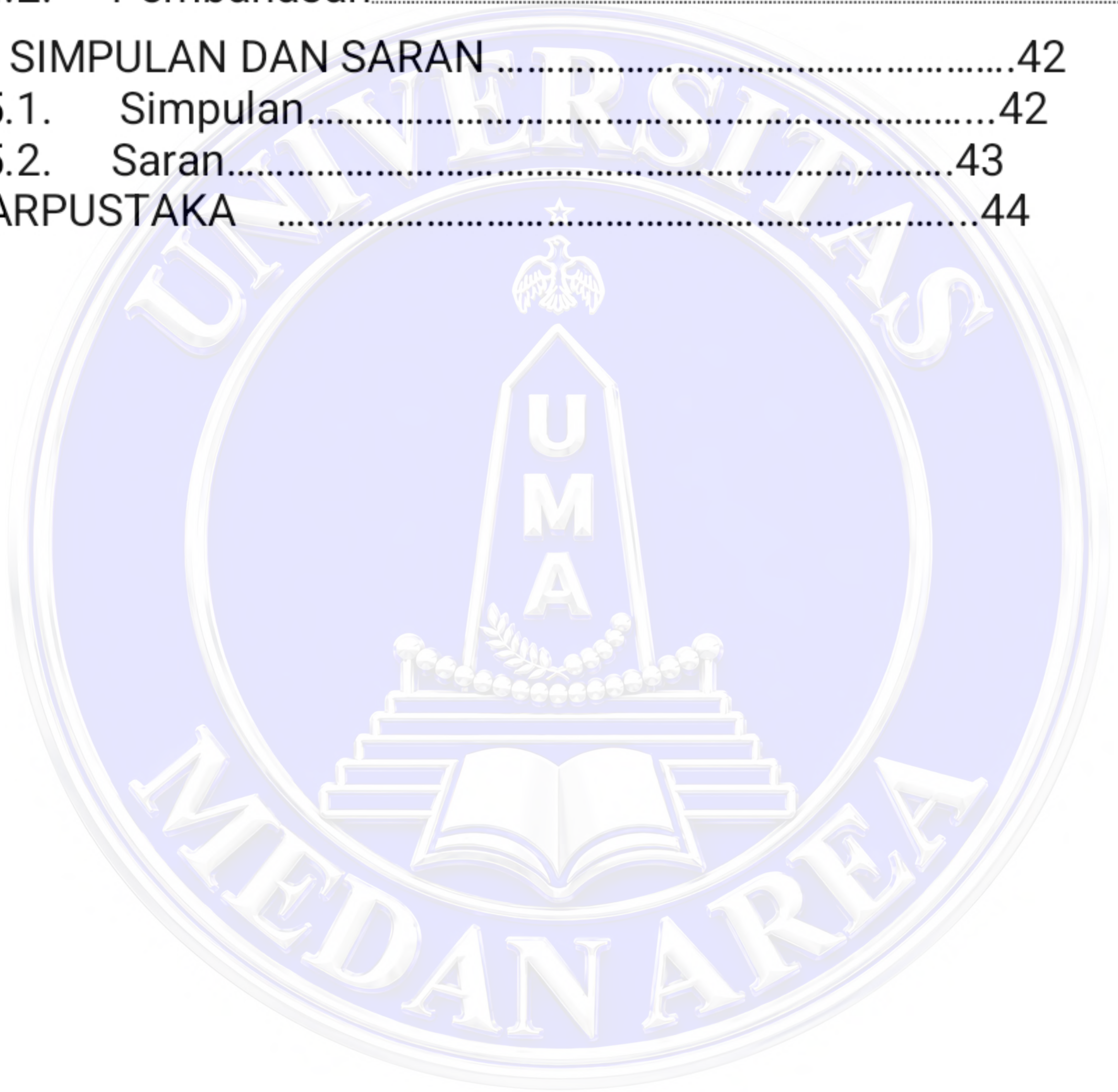
NPM 178130059

RISKI CHANDRA
NPM 178130059

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SEMINAR HASIL.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Hipotesis Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Komposit.....	8
2.2 Serat <i>Jute</i>	9
2.3 Serat <i>E- glass</i>	10
2.4 Kekuatan Lentur.....	12
2.5 Ketangguhan Bahan.....	14
2.6 Statistik.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2 Bahan dan Alat	18
3.2.1 Bahan.....	19
3.2.2 Alat.....	21

3.3.	Metode Penelitian.....	23
3.3.1.	Prosedur Pengujian Lentur.....	23
3.3.2.	Prosedur Pengolahan Data.....	23
3.4.	Diagram Alir.....	25
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....		26
4.1.	Hasil.....	26
4.1.1.	Grafik pengujian kekuatan lentur.....	27
4.1.2	Jumlah energy yang di serap bahan komposit hybrid.....	36
4.1.3	Analisi terhadap antara perbandingan KL dengan EKB.....	37
4.2.	Pembahasan.....	39
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		42
5.1.	Simpulan.....	42
5.2.	Saran.....	43
DAFTARPUSTAKA		44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Pembentukan material komposit menggunakan matrix dan filler.....8

Gambar 2. 2. Serat *Jute*.....9

Gambar 2. 3. Serat *E- Glass* Anyam.....10

Gambar 2. 4.Perhitungan energi ketangguhan bahan.....15

Gambar 3. 1. *Vacuum Cleaner*.....19

Gambar 3. 2. Timbangan Digital.....20

Gambar 3. 3. *Universal Testing Machine*.....20

Gambar 3. 4. Laptop.....21

Gambar 3. 5. Kain *Jute*.....22

Gambar 3. 6. Serat *E- Glass*.....22

Gambar 3. 7. bahan matrik komposit resin *epoxy* dan katalis (*hardener*)23

Gambar 3. 8. Diagram Alir Penelitian.....25

Gambar 4.1. Data hasil uji.....26

Gambar 4.2 Grafik area JJG.1.....28

Gambar 4.3 Grafik area JJG.2.....28

Gambar 4.4 Grafik area JJG.3.....29

Gambar 4.5 Grafik area JGJ.1.....29

Gambar 4.6 Grafik area JGJ.2.....30

Gambar 4.7 Grafik area JGJ.3.....30

Gambar 4.8 Grafik area GJG.1.....31

Gambar 4.9 Grafik area GJG.2.....31

Gambar 4.10 Grafik area GJG.3.....32

Gambar 4.11 Grafik area JJJG.1.....32

Gambar 4.12 Grafik area JJJG.2.....33

Gambar 4.13 Grafik area JJJG.3.....33

Gambar 4.14 Grafik area JGJG.1.....34

Gambar 4.15 Grafik area JGJG.2.....34

Gambar 4.16 Grafik area JGJG.3.....35

Gambar 4.17 Grafik area GJGJ.1.....35

Gambar 4.18 Grafik area GJGJ.2.....36

Gambar 4.19 Grafik area GJGJ.3.....36

Gambar 4.2. grafik hasil perbandingan Kekuatan lentur dan ketangguhan.....38

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Sifat dan Komposisi Serat *Jute*.....10

Tabel 2. 2. Karakteristik mekanik serat kaca jenis *e-glass*.....11

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....18

Tabel 4.1. Data pengolahan hasil uji.....27

Tabel 4.2. Pengolahan data energi (EKB).....37

Tabel 4.3. Nilai rata-rata KL dan EKB.....38



DAFTAR NOTASI

- σ_f = Tegangan lentur (MPa)
P = Beban pada titik tertentu pada kurva beban lendutan, (N)
L = Bentang tumpuan (mm)
b = Lebar balok uji (mm)
d = Kedalaman balok uji (mm)
 ϵ_f = Regangan lentur (mm)
D = Lendutan Maksimum (mm)
d = Kedalaman (mm)
L = Bentang Tumpuan (mm)
 $\bar{x}$ = notasi nilai rata-rata sebelum
X = nilai data dari X1 ... Xn
N = jumlah kejadian atau jumlah frekuensi
Md = nilai meidan
N = jumlah data 3
S = Standar deviasi
 f_i = frekuensi kelompok
 x_i = nilai tengah x ke-i
 $\bar{x}$ = nilai rata-rata data
 n = jumlah data

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini cukup maju, baik dalam bidang logam maupun non logam. Selama ini pemanfaatan material logam mendominasi dalam bidang industri. Namun, material tersebut masih belum memenuhi sifat tertentu pada aplikasi di bidang industry. Serat alam merupakan material ramah lingkungan yang merupakan tuntutan teknologi dewasa ini, sehingga penelitian tentang serat alam terus dikembangkan guna mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah - limbah industri.

Dalam bidang industri, material komposit dengan penguat serat alam telah diaplikasikan oleh para produsen mobil sebagai bahan penguat panel mobil, tempat duduk belakang, dashboard, dan perangkat interior lainnya. Bagi industri, pemanfaatan serat alam didasarkan atas beberapa parameter, yaitu nilai kekuatan dan kekakuan yang sesuai dengan standar industri, stabilitas termal, ikatan antara serat dan matriks, perilaku dinamik, perilaku jangka panjang, harga, biaya proses, dan ketersediaan.

komposit laminat hibrid adalah untuk memanfaatkan keunggulan masing-masing serat atau matriks dalam mencapai sifat-sifat yang diinginkan. Serat yang digunakan dalam komposit laminat hibrid dapat berupa serat karbon, serat stek, serat aramid, atau serat lainnya. Masing-masing serat memiliki kekuatan dan kekakuan yang berbeda, serta

resistansi terhadap deformasi atau kerusakan yang berbeda. Dengan mengkombinasikan serat-serat ini, komposit laminat hibrid dapat memiliki sifat mekanik yang optimal, seperti kekuatan tarik tinggi, kekakuan yang baik, dan tahan terhadap kerusakan.

Matriks pada komposit laminat hibrid biasanya terbuat dari resin polimer, seperti epoksi atau poliester. Matriks ini bertindak sebagai bahan pengikat serat-serat tersebut, memberikan stabilitas struktural dan melindungi serat dari kerusakan lingkungan. Pemilihan matriks yang tepat juga mempengaruhi sifat mekanik, termal, dan kimiawi dari komposit laminat hibrid.

Keuntungan utama menggunakan komposit laminat hibrid adalah kemampuan untuk menggabungkan keunggulan beberapa serat atau matriks dalam satu material. Misalnya, serat karbon memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan kekakuan yang baik, sementara serat aramid memiliki ketahanan terhadap kerusakan yang lebih baik. Dengan menggabungkan kedua serat ini, komposit laminat hibrid dapat memiliki sifat yang unggul dalam hal kekuatan dan ketahanan terhadap kerusakan.

Selain itu, komposit laminat hibrid juga dapat dirancang untuk memenuhi kebutuhan spesifik dalam aplikasi tertentu. Dengan memilih kombinasi serat dan matriks yang tepat, serta mengatur orientasi dan jumlah lapisan serat, sifat mekanik komposit dapat dioptimalkan sesuai dengan kebutuhan aplikasi, seperti dalam industri otomotif, penerbangan, atau manufaktur lainnya.

Namun, penting untuk mencatat bahwa desain, manufaktur, dan

pengujian komposit laminat hibrid lebih kompleks dibandingkan dengan komposit konvensional karena adanya variasi dalam sifat-sifat material. Dibutuhkan pemahaman yang mendalam tentang karakteristik serat dan matriks yang digunakan, serta teknik penggabungan yang baik, untuk mencapai kinerja yang optimal dari komposit laminat hibrid.

Ketangguhan bahan komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk jenis serat, matriks, arah serat, dan antarmuka serat-matriks. Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi ketangguhan bahan komposit dalam konteks beban lentur.

1.1.1. Ketangguhan bahan

komposit dapat bervariasi tergantung pada arah serat relatif terhadap beban lentur yang diterapkan. Serat yang terorientasi sejajar dengan beban lentur umumnya memiliki ketangguhan yang lebih tinggi daripada serat yang terletak tegak lurus terhadap arah beban.

1.1.2. Kekuatan matrik

Matriks yang kuat dan tahan terhadap deformasi plastik membantu mencegah retakan dan pemisahan serat saat diberikan beban lentur. Matriks yang lemah atau mudah mengalami deformasi plastik dapat mengurangi ketangguhan bahan komposit

1.1.3. Adhesi antara serat dan matrik

Adhesi yang baik antara serat dan matriks penting untuk mentransfer beban antara serat-serat individu dan matriksnya. Adhesi yang buruk dapat mengakibatkan pemisahan serat-matriks dan mengurangi ketangguhan bahan komposit.

1.1.4. Panjang serat:

Serat yang lebih panjang umumnya memberikan ketangguhan yang lebih baik karena mereka memiliki lebih banyak kemampuan untuk menahan retakan dan menyebarkan beban. Serat pendek cenderung menyebabkan kelemahan dan membatasi ketangguhan.

1.1.5. Distribusi serat:

Distribusi serat yang merata di dalam matriks membantu menghindari titik-titik konsentrasi tegangan yang dapat menyebabkan kegagalan. Jika serat terkonsentrasi di area tertentu, kemungkinan retakan dan kegagalan meningkat.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam studi ini, kain jute anyaman dan lembaran serat kaca jenis e-glass akan dicetak menjadi spesimen uji lentur berdasarkan standar uji ASTM D790. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kekuatan lentur bahan komposit laminat yang dihasilkan. Hal ini didasarkan pada hasil-hasil studi sebelumnya yang memperlihatkan kekuatan statik yang masih rendah pada masing-masing bahannya. Oleh karena itu, masalah yang diidentifikasi pada studi ini antara lain:

1. Kurva beban dan deformasi hasil uji statik lentur metode 3 titik (ASTM D790) pada masing-masing variasi dan perulangannya.
2. Menghitung validitas data yang diperoleh dari hasil eksperimental menggunakan metode fungsi kerapatan probabilitas.
3. Menghitung ketangguhan bahan komposit akibat beban lentur

1.3 Tujuan Penelitian.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghitung jumlah energi yang mampu diserap bahan komposit hybrid *jute e-glass* berdasarkan grafik hasil uji lentur.
2. Analisis terhadap perbandingan antara kekuatan lentur dan ketangguhan bahan.

1.4 Hipotesis Penelitian

Pada penelitian ini spesimen kaca 5mm akan dilapisi dengan bahan komposite laminat *jute* dan *E-glass* dengan menggunakan perekat *epoxy* dan hardsener. Sehingga spesimen tersebut mengalami peningkatan kekuatan tarik lentur, dan untuk membuktikan nya maka harus dilakukan pengujian untuk mengetahui seberapa besar penambahan kuat tarik lenturnya. Adapun metode yang di pakai pada pengujian ini ialah metode penyerapan energi dengan menggunakan persamaan pintergrasi numerik.

1.5 Manfaat Penelitian.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh komposit laminat *e-glass* terhadap kuat lentur.

1. Untuk Menambah pengetahuan tentang sifat mekanik komposit yang dilapisi dengan komposit laminat *e-glass*, terutama pengaruhnya terhadap kuat lentur tersebut.
2. Diharapkan bisa memanfaatkan teknologi komposit dibidang industri

material Untuk Dapat digunakan sebagai bahan acuan dan pertimbangan dalam pengembangan penelitian ilmu yang sejenis.

3. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menambah perkembangan ilmu pengetahuan dibidang komposit laminat yang akan terus berkembang

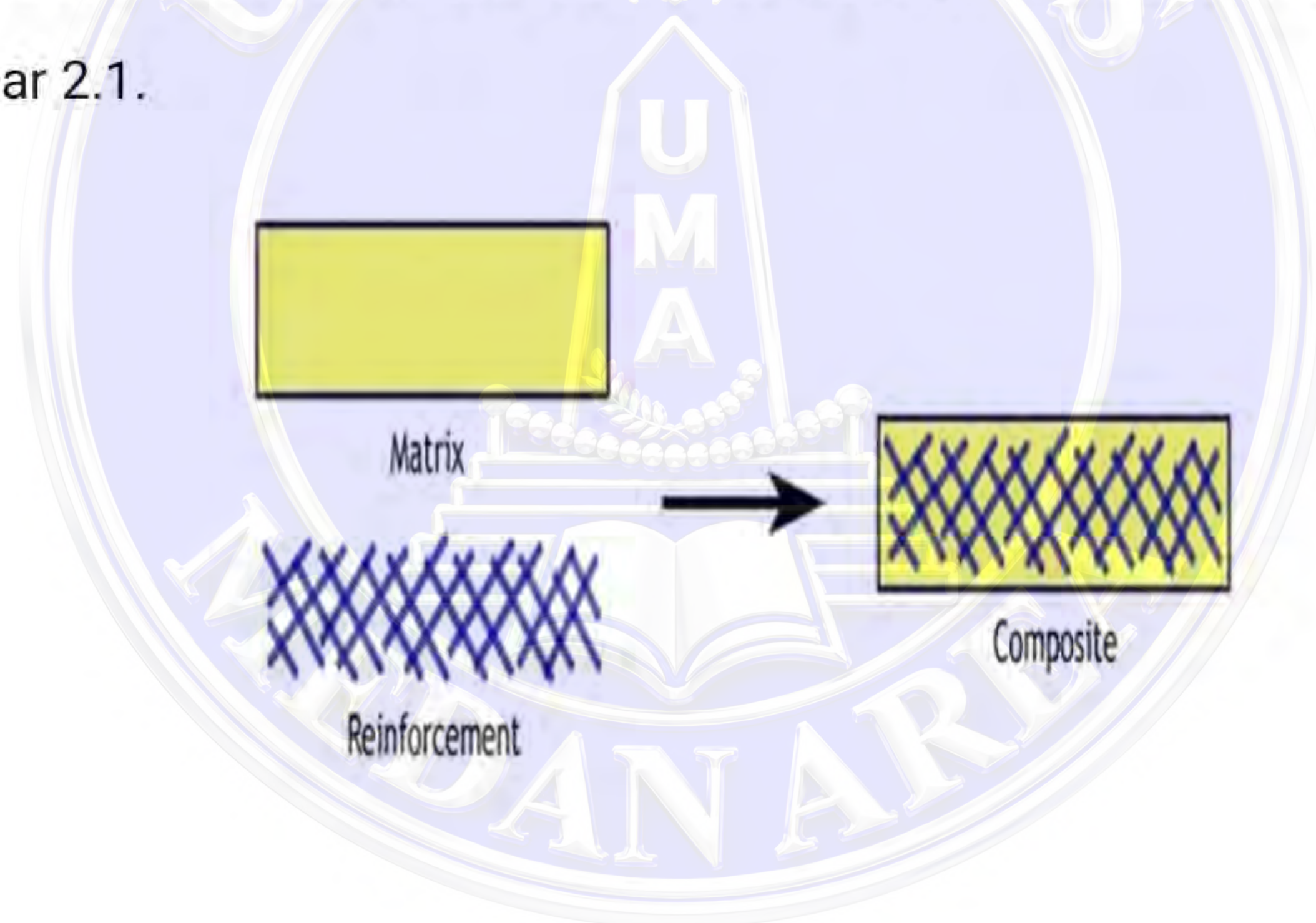


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit adalah material yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda, yang digabungkan secara fisik atau kimia untuk menghasilkan sifat yang lebih baik daripada bahan tunggal tersebut secara individual. Latar belakang komposit melibatkan pemahaman tentang bagaimana komposit terbentuk, karakteristiknya, dan aplikasi yang luas.. Ilustrasi ikatan dan sifat fisik polimer dapat di lihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Pembentukan material komposit menggunakan matrik dan filler

Bahan komposit terdiri dari bahan dan komponen, yang dapat berupa unsur organik, anorganik atau logam dalam bentuk serat, partikel serbuk dan lapisan seperti Komposit laminasi hybrid. Komposit laminasi hybrid adalah komposit serat lurus dan serat acak. Jenis ini digunakan untuk mengkompensasi sifat-sifat yang hilang dari kedua jenis dan untuk menggabungkan keunggulan.

2.2. Serat *Jute*

Serat jute adalah serat alami yang dihasilkan dari tanaman *jute* (*Corchorus spp.*), yang merupakan anggota keluarga tanaman Malvaceae. Tanaman jute tumbuh terutama di wilayah subtropis dan tropis, seperti India, Bangladesh, dan Cina. Serat jute memiliki tekstur kasar dan kuat, dan sering digunakan dalam industri tekstil untuk membuat kain, tali, karung, dan berbagai produk lainnya.

Serat jute juga digunakan dalam pembuatan karpet, taplak meja, barang pecah belah, serta produk kerajinan tangan. Keunggulan serat jute antara lain adalah kemampuannya menyerap air dengan baik, kekuatan yang tinggi, biodegradable, serta harganya yang relatif murah. Namun, serat jute memiliki kelemahan dalam hal keawetan dan ketahanan terhadap sinar UV, sehingga cenderung terurai jika terpapar secara berkepanjangan oleh sinar matahari.

Adapun serat *jute* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Serat *Jute*

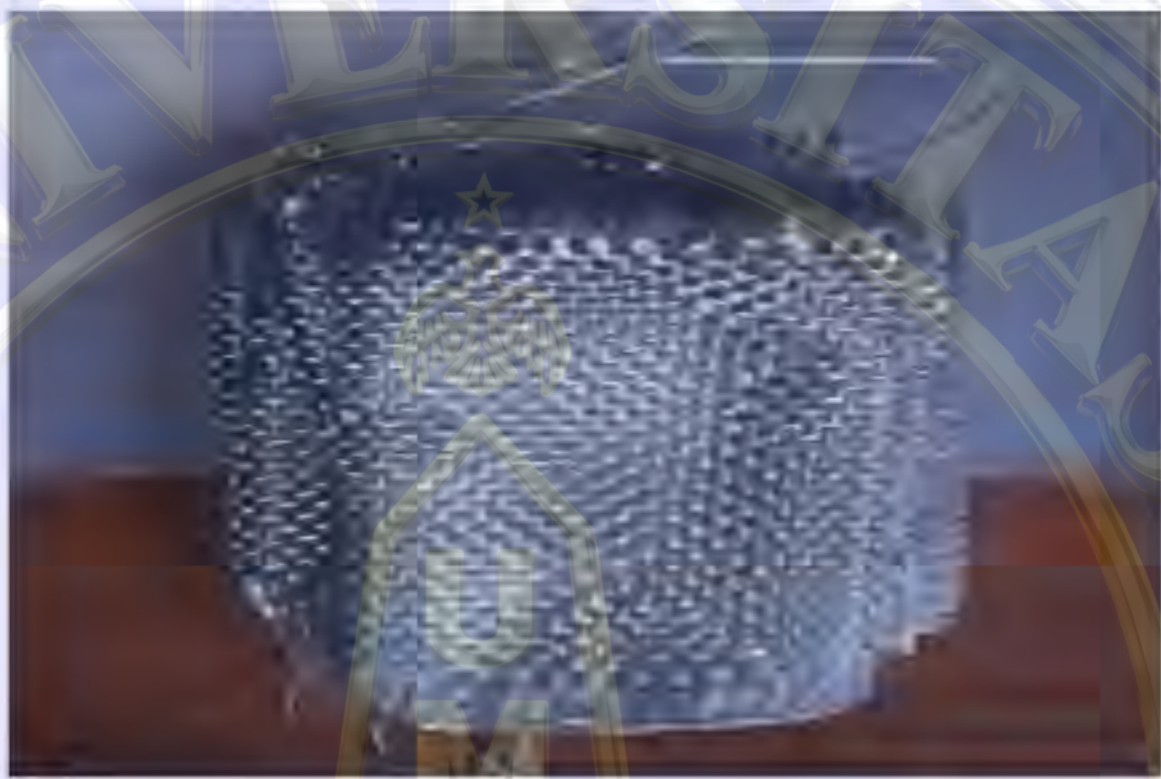
Serat goni adalah bahan yang dapat terurai secara hayati dan karenanya ramah lingkungan. Tanaman goni (*Corchorus capsularis*) tumbuh 15-20 cm dalam waktu 4 bulan dan seratnya diambil setelah panen, yang dilakukan sekitar 4 bulan setelah tanam dan penyiraman, baik dengan bantuan bahan kimia. Sifat- sifat dan komposisi yang terdapat pada serat jute dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Sifat dan Komposisi Serat *Jute*

kategori	Standard
Selulosa	71%
Lignin	13%
Hemiselulosa	13%
Pektin	0.20%
zat-zat lain yang larut dalam air	2.30%
lemak dan lilin	0.50%

2.3 Serat *E-glass*

E-glass epoxy komposit adalah komposit matriks polimer komposit atau biasa dikenal dengan *glass fiber reinforced polymer* (GFRP). GFRP memiliki sifat yang sangat baik seperti rasio kekuatan yang hampir mendekati logam. Selain itu, komposisi ini ringan, transparan, tidak berwarna dan tidak ada batasan ukuran objek yang akan dibuat. Oleh karena itu penggunaan GFRP sering digunakan pada aplikasi industri. Adapun serat *e-glass* dapat terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Serat *E-Glass* Anyam

E-glass fiber merupakan salah satu jenis fiber yang dikembangkan sebagai bahan isolasi atau isolasi dengan sifat mampu bentuk yang baik. Bahan ini memiliki ketahanan cuaca, tahan panas, tahan air, kerapatan sangat rendah dan elastisitas tinggi. Adapun karakteristik mekanik serat kaca jenis e-glass terlihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2. Karakteristik mekanik serat kaca jenis e-glass.

Kategori	Standard
Diameter	12 μm

Rapat Massa	-2.54 g/cm ³
Young's modulus	72.4 – 76 Gpa
Kekuatan Tarik	3.6 Gpa

2.5 Resin *epoxy*

Resin *epoxy* di pasaran dikenal dengan bahan epoksi merupakan salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok thermoset. Resin Epoxy adalah 17 bahan kimia resin dari hasil polimerisasi *epoxyda*, resin polimerisasi itu kemudian dikenal dengan sebutan resin thermoset yang membentuk ikatan molekul yang erat dalam suatu struktur antar polimer (*Clear*, Sebagai dan Las, 2018). Rangkaian yang membentuk *epoxy* tersebut memiliki proses pembentukan awal berupa cairan seperti madu dan setelah pengerasan akan berbentuk padatan yang sangat getas. Polimer *epoxy* ini sangat kuat secara mekanis.

Polimer *epoxy* memiliki sifat tahan terhadap perubahan yang biasanya di miliki unsur-unsur kimia padat pada umumnya. Sifat rekatnya yang tinggi dihasilkan selama proses konversi dari cair ke padat. Polimer *epoxy* memiliki banyak varian sifat yang berbeda tergantung bahan kimia dasar dalam resin. Karena itu epoxy memiliki kelebihan dan fungsi yang berbeda-beda. 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 *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. 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 18 tambahan katalis kecil. Resin *epoxy* biasanya membutuhkan penambahan bahan pengawet pada rasio resin dan pengeras yang jauh lebih tinggi 1:1 atau 2:1

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

2.4. Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur adalah kemampuan suatu benda untuk menahan atau menahan beban yang diterapkan di atasnya tanpa mengalami deformasi permanen atau kerusakan struktural. Kekuatan lentur sering kali terkait dengan benda yang memiliki bentuk atau profil melengkung, seperti balok atau struktur lengkung.

Kekuatan lentur dinyatakan dalam satuan tekanan atau tekanan per satuan luas, biasanya dalam pascal (Pa) atau megapascal (MPa). Kekuatan lentur ditentukan oleh sifat-sifat material benda, seperti kekuatan tarik, modulus elastisitas, dan kekuatan tekan. Bahan dengan kekuatan tarik tinggi dan modulus elastisitas yang tinggi cenderung memiliki kekuatan lentur yang baik.

Pada umumnya, ketika beban diterapkan pada benda melengkung, serat bagian atas mengalami tekanan dan serat bagian bawah mengalami regangan tarik. Jika beban yang diterapkan melebihi batas kekuatan lentur

benda, serat-serat tersebut dapat melewati batas elastisitasnya dan menyebabkan deformasi permanen atau bahkan kegagalan struktural.

Perlu dicatat bahwa kekuatan lentur juga dapat dipengaruhi oleh geometri benda, seperti bentuk penampang, jarak dukungan, dan distribusi beban. Oleh karena itu, dalam perancangan struktur, penting untuk mempertimbangkan kekuatan lentur saat menentukan dimensi dan bentuk suatu komponen untuk memastikan bahwa benda tersebut dapat menahan beban yang diberikan tanpa kegagalan atau deformasi yang tidak diinginkan, serta rumus tegangan lentur terlihat pada persamaan 2.1. dan rumus regangan lentur terlihat pada persamaan 2.2.

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots 2.1)$$

Keterangan:

- σ_f = Tegangan lentur (MPa)
- P = Beban pada titik tertentu pada kurva beban lendutan, N (lbf)
- L = Bentang tumpuan (mm)
- b = Lebar kaca uji (mm)
- d = Kedalaman balok uji (mm)

$$\epsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- ϵ_f = Regangan lentur (mm)
- D = Lendutan Maksimum (mm)
- d = Kedalaman (mm)
- L = Bentang Tumpuan (mm)

2.5 Ketangguhan Bahan

Ketangguhan bahan mengacu pada kemampuan suatu bahan untuk menahan kerusakan atau kegagalan di bawah beban eksternal atau stres yang diterapkan. Ini adalah ukuran dari seberapa baik bahan dapat menahan retakan atau deformasi plastis sebelum mengalami kegagalan total.

Ketangguhan bahan sangat penting dalam banyak aplikasi, terutama di mana faktor-faktor seperti kejut, beban dinamis, atau lingkungan yang keras dapat menyebabkan kerusakan pada bahan. Ketangguhan bahan sering diukur dengan menggunakan parameter-parameter seperti ketangguhan patah (*fracture toughness*), ketangguhan impact (*impact toughness*), atau ketangguhan retak (*crack toughness*). Ketangguhan patah mengacu pada kemampuan bahan untuk menahan keretakan atau kegagalan saat dikenai tegangan yang berpotensi merusak.

Ketangguhan impact mengukur kemampuan bahan untuk menyerap energi kinetik yang dihasilkan oleh benturan atau dampak. Ketangguhan retak mengacu pada kemampuan bahan untuk menghentikan atau menghambat pertumbuhan retakan. Penting untuk memahami ketangguhan bahan karena ini mempengaruhi keandalan, keamanan, dan kinerja bahan dalam berbagai aplikasi seperti industri otomotif, penerbangan, manufaktur, dan rekayasa struktural. Dalam pengembangan dan desain bahan baru, penting untuk mempertimbangkan ketangguhan sebagai salah satu sifat yang diinginkan untuk menghadapi kondisi lingkungan dan beban yang mungkin terjadi.

Ketangguhan bahan adalah energi yang mampu diserap oleh suatu bahan terhadap beban tertentu sebelum bahan tersebut mengalami kerusakan (luluh). Dalam suatu pengujian bahan, energi tersebut adalah luas daerah yang terbantuk dari grafik beban (N) vs deformasi (m) yang dibatasi oleh garis sumbu aksial

(sumbu x). Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung luas daerah grafik tersebut ialah metode Integrasi Numerik.

Lebih lanjut lagi, perkembangan teknologi software desain grafis dapat dimanfaatkan untuk keperluan tersebut. Dengan demikian, hasil perhitungannya menjadi lebih mudah, efisien, dan akurat. Salah satu metode yang mudah dan sudah dikenal luas ialah dengan menggunakan *software Adobe Photoshop*. Dalam software ini, fitur yang digunakan ialah metode *Color Range*. Dengan metode ini, jumlah warna dalam satuan pixel dihitung menggunakan fitur Histogram sehingga diperoleh jumlah pixelnya. Selanjutnya, jumlah pixel tersebut dibandingkan dengan jumlah pixel standar sehingga diperoleh energi ketangguhan (J) yang dicari. Dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Perhitungan Energi Ketangguhan Bahan

2.6 Statistik

Kata “statistika” secara etimologis berasal dari kata status (Latin), yang identik dengan kata negara (Inggris) atau kata staat (Belanda), artinya negara dalam bahasa Indonesia. [14]. Statistika adalah kata yang digunakan untuk menyatakan sekumpulan fakta, biasanya berbentuk angka, tersusun dalam tabel atau grafik, menggambarkan atau mendeskripsikan sekumpulan data yang bermakna. [15]. Statistik dapat terbagi seperti berikut [16].

a. Rata- Rata

Rata-rata (mean) adalah jumlah dari semua nilai data dibagi dengan semua kejadian pada persamaan 2.3.

$$\bar{X} = (\sum x) / N \quad (2.3)$$

Keterangan:

$\bar{X}$ = notasi nilai rata-rata sebelum

x = nilai data dari $x_1 \dots x_n$

N = jumlah kejadian atau jumlah frekuensi

b. Median

Median adalah nilai tengah dan kumpulan data yang disusun secara teratur atau sebagai ukuran posisi, karena median membagi distribusi melalui Persamaan 2 dengan Persamaan 2.4.

$$Md = N + 1 \quad (2.4)$$

Keterangan:

Md = nilai median

N = jumlah data 3

c. Standar Deviasi

Standar deviasi adalah nilai statistik yang digunakan untuk menentukan bagaimana data didistribusikan dalam sampel dan seberapa dekat titik data individu dengan rata-rata atau rata-rata sampel [17]. Standar deviasi ditunjukkan pada persamaan 2.5.

$$S = \sqrt{\frac{\sum f_i (x_i - \bar{x})^2}{n}} \tag{2.5}$$

Keterangan:

S = Standar deviasi

f_i = frekuensi kelompok

x_i = nilai tengah x ke-i

$\bar{x}$ = nilai rata-rata data

n = jumlah data

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Sumatra Utara dengan waktu pelaksanaan selama bulan. Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian diperlihatkan pada tabel 3.1.

Table 3. 1 Jadwal Penelitian

1 N o	Kegiatan	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4				Bulan 5				Bulan 6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Rapat Koordinasi penelitian	■	■	■	■																				
2	Persiapan alat dan bahan		■	■	■	■	■	■	■																
3	Persiapan alat cetak			■	■	■	■	■	■																
4	Pencetakan spesimen dan perlakuan awal			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Pencetakan komposit laminat										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Pengujian tarik belah														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Pengolahan data																■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	Analisis hasil uji																	■	■	■	■	■	■	■	■
9	Pembuatan laporan																		■	■	■	■	■	■	■
10	Seminar hasil																						■	■	■

3.2. Bahan dan Alat

Alat dan bahan yang dipergunakan dalam proses penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan penyelidikan kekuatan lentur komposit laminat hybrid jute e- glass.

3.1.1. Bahan

Adapun bahan- bahan yang dipergunakan dalam proses penelitian ini sebagai berikut.

1. Kain *jute*

Dalam penelitian ini, kain goni berperan sebagai penguat struktur pola. Serat goni juga umum digunakan dalam penelitian ini seperti terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Kain *Jute*

2. Serat *E- Glass*

Serat *E-glass* bertindak sebagai penguat untuk struktur sampel dalam penelitian ini. Serat *E-glass* juga umum digunakan dalam penelitian

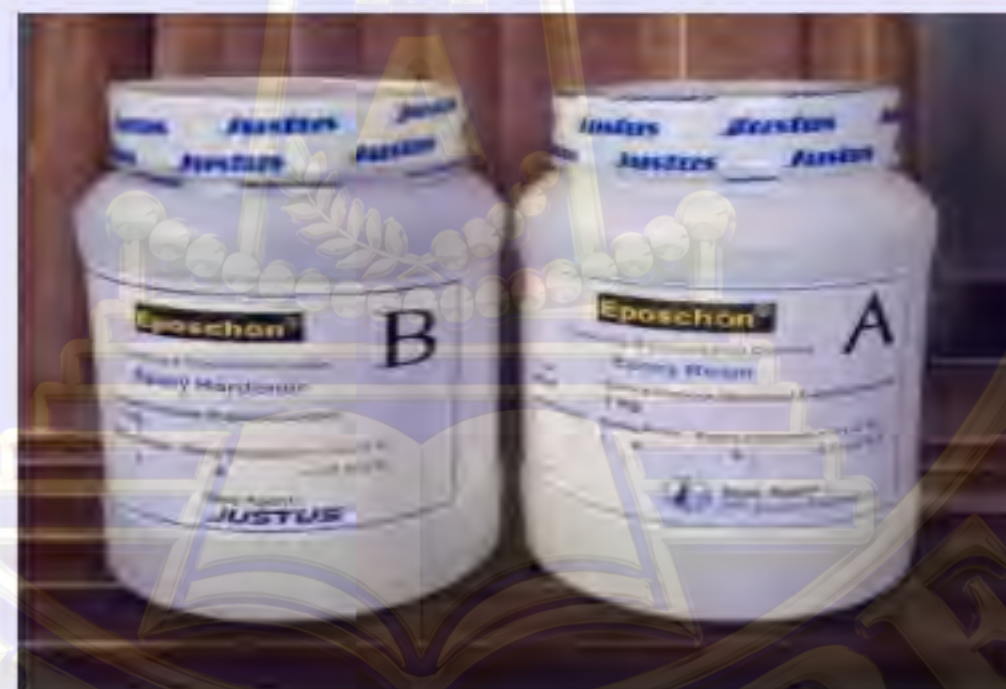
ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2. Serat *E- Glass*

3. Resin *Epoxy* dan Pengeras

Resin epoksi dan pengeras pada penelitian tersebut berjenis bisphenol A epichlorhydrin. Bentuk resin epoksi dan pengerasnya ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3. bahan matric komposit resin *epoxy* dan katalis (*hardener*)

3.1.2. Alat

Adapun alat- alat yang dipergunakan dalam proses penelitian ini sebagai berikut.

2. *Vacuum Cleaner*

Vacuum cleaner adalah suatu perangkat yang bekerja dengan menggunakan pompa udara untuk membuat vacuum parsial. Didalam

penelitian ini vakum cleaner digunakan untuk menghisap udara didalam wadah, vakum cleaner dapat terlihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4. *Vacuum Cleaner*

3. Timbangan Digital

Massa bahan yang digunakan dalam penelitian ini diukur dengan menggunakan timbangan digital. Timbangan digital yang digunakan adalah SF-400 dengan kapasitas maksimal 10 kg dan ketelitian 1 g. Bentuk timbangan digital ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5. Timbangan Digital

4. *Universal Testing Machine*

Universal Testing Machine (UTM) adalah mesin atau alat uji yang dirancang untuk menguji kekuatan lentur material terhadap jenis beban tertentu. Alat ini dapat digunakan untuk berbagai jenis pembebanan test antarlain: Beban tekan, tarik, lentur dan lelah. Alat uji UTM yang digunakan dalam penelitian ini adalah hidrolik UTM model WEW-300D dengan kapasitas 300 kN.

Gambar alat pengujian UTM ditunjukan pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6. *Universal Testing Machine*

5. Laptop

Laptop berfungsi untuk menggunakan aplikasi yang dibutuhkan untuk analisis data hasil tes. Bentuk dan spesifikasi laptop yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7. Laptop

3.3. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan standar uji ASTM D790, untuk melakukan uji kekuatan lentur dengan pengambilan data uji kekuatan lentur, kemudian hasil uji kekuatan lentur di tampilkan dalam grafik agar mudah di pahami. Kemudian setelah mendapat hasil uji kekuatan lentur selanjutnya akan mencari perhitungan penyepan energi pada spesimen komposit laminat *jute e-glass* dan mengetahui perbandingan antar kekuatan lentur dengan energy ketangguhan bahan.

3.4. Populasi dan Sampel

Dalam penelitian ini spesimen yang digunakan komposit laminat *jute e-glass*. Dengan jumlah varian spesimen sebanyak 6 varian dimana setiap varian terdiri dari 3 kali pengujian ulang. Dimana 3 varian spesimen dengan 3 lapisan dan 3 varian selanjut dengan 4 lapisan. Varian sampel tersebut dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Varian Sampel Spesimen

No	Varian	Pengulang
1	<i>Jute, jute,glass</i> (JJG)	3
2	<i>Jute,glass,jute</i> (JGJ)	3
3	<i>Glass,jute,glass</i> (GJG)	3
4	<i>Jute,jute,jute,glass</i> (JJJG)	3
5	<i>Jute,glass,jute,glass</i> (JGJG)	3
6	<i>Glass,jute,glass,jute</i> (GJGJ)	3
Jumlah		18

3.5. Prosedur kerja

Adapun prosedur kerja ini terdiri dari prosedur pengujian lentur dan pengolahan data hasil uji.

3.5.1. Prosedur Pengujian Lentur

Berikut ini adalah prosedur pengujian kekuatan lentur spesimen komposit laminat hybrid *jute e-glass*, sebagai berikut:

1. Persiapan spesimen dan alat UTM. Spesimen dibersihkan dari kotoran yang menempel dipermukaannya. Parameter-parameter pengujian di-input ke komputer UTM melalui software khusus pengujian.
2. Peletakkan spesimen pada 2 (dua) buah dudukan yang berjarak 100 mm.
3. Menempelkan ujung batang pembebanan tepat ditengah-tengah spesimen.
4. Proses pembebanan lentur dengan kecepatan pembebanan 0.05 mm/menit.
5. Perubahan beban dan defleksi dicatat secara otomatis oleh komputer UTM.
6. Proses pengujian berakhir apabila spesimen uji telah mengalami kerusakan (patah).

3.5.2. Prosedur Pengolahan Data

Adapun prosedur pengolahan data pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Perhitungan Penyerapan Energi

Berikut ini adalah prosedur perhitungan untuk analisis penyerapan energi spesimen yang diperkuat komposit laminat jute E-Glass, sebagai

berikut:

1. Input data-data hasil pengujian ke dalam spread sheet Ms. Excel.
Input data uji berdasarkan perlakuan dan jumlah pengulangan pada tiap perlakuannya. 18 Data-data tersebut antara lain: kode spesimen, elongasi (m), dan gaya (N) yang dihasilkan pada proses pengujian.
2. Hitung energi ketangguhan/penyerapan energi yang diperoleh dengan pada masing-masing spesimen.
3. Penggambaran grafik penyerapan energi pada data yang dihasilkan oleh tiap-tiap spesimen.
4. Hitung nilai penyerapan energi rata-rata pada masing-masing perlakuan.
5. Analisa data-data hasil perhitungan tersebut untuk mendapatkan nilai ketangguhan maksimumnya

2. Analisa perbandingan antara Kekuatan lentur dan Ketangguhan

Analisa Perbandingan Antara Kekuatan Lentur dan Ketangguhan

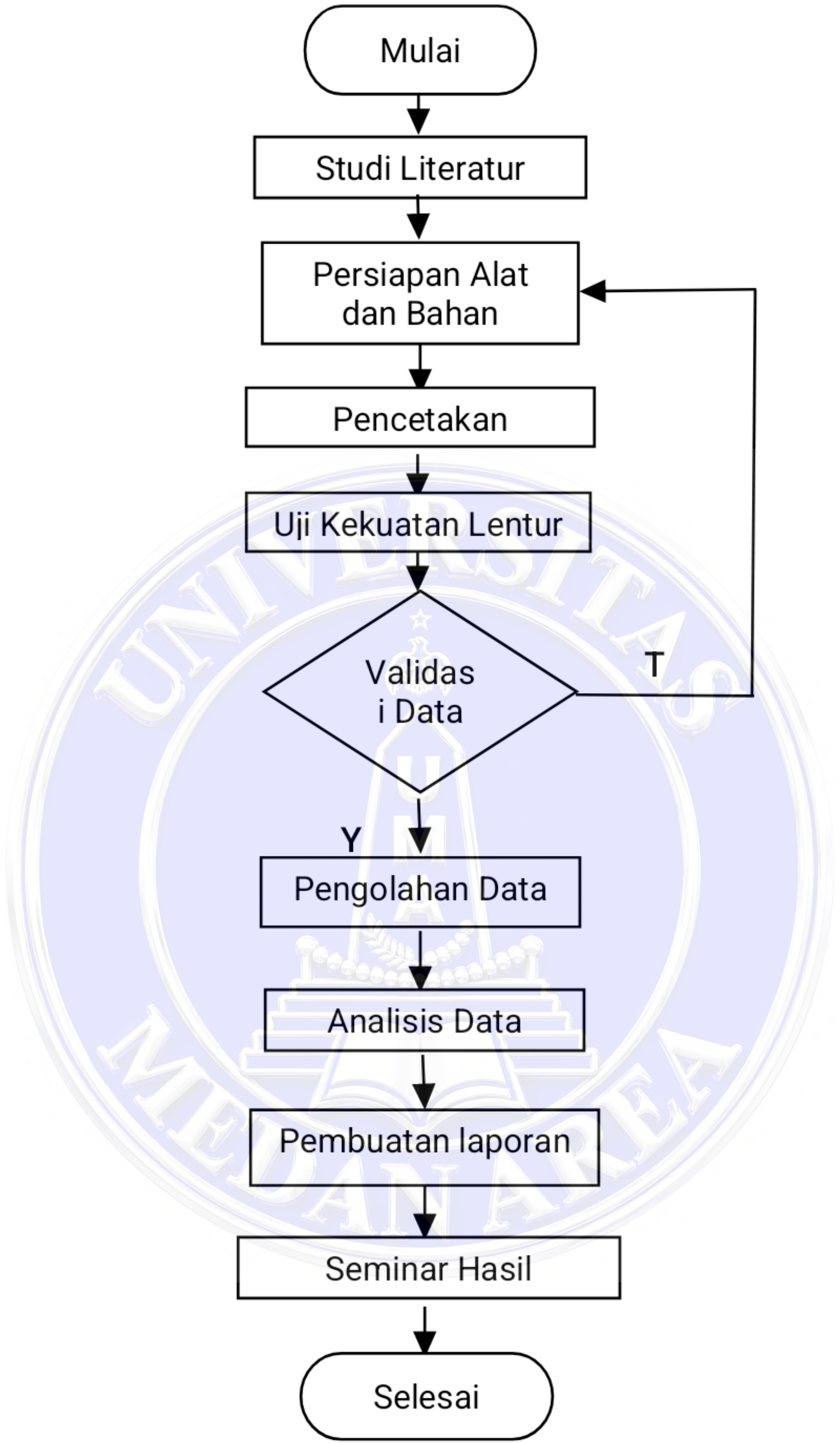
Dalam penyelidikan ini, besarnya Kekuatan Lentur diperoleh berdasarkan hasil penelitian Ricki Palma Gultom (2023). Besarnya Kekuatan lentur dengan nilai ketangguhan bahan akan diperbandingkan untuk melihat fenomena apakah kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang erat atau tidak. Nilai yang dibandingkan adalah tegangan mekanik hasil uji kekuatan lentur dalam satuan MPa dengan energi yang diserap bahan selama proses pengujian dalam satuan Joule pada masing-masing variasi. Dengan demikian, fenomena antara kedua variabel tersebut dapat

ditemukan

3.5.3. Diagram alir

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir yang diperlihatkan pada Gambar 3.8.





Gambar 3. 8. Diagram Alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

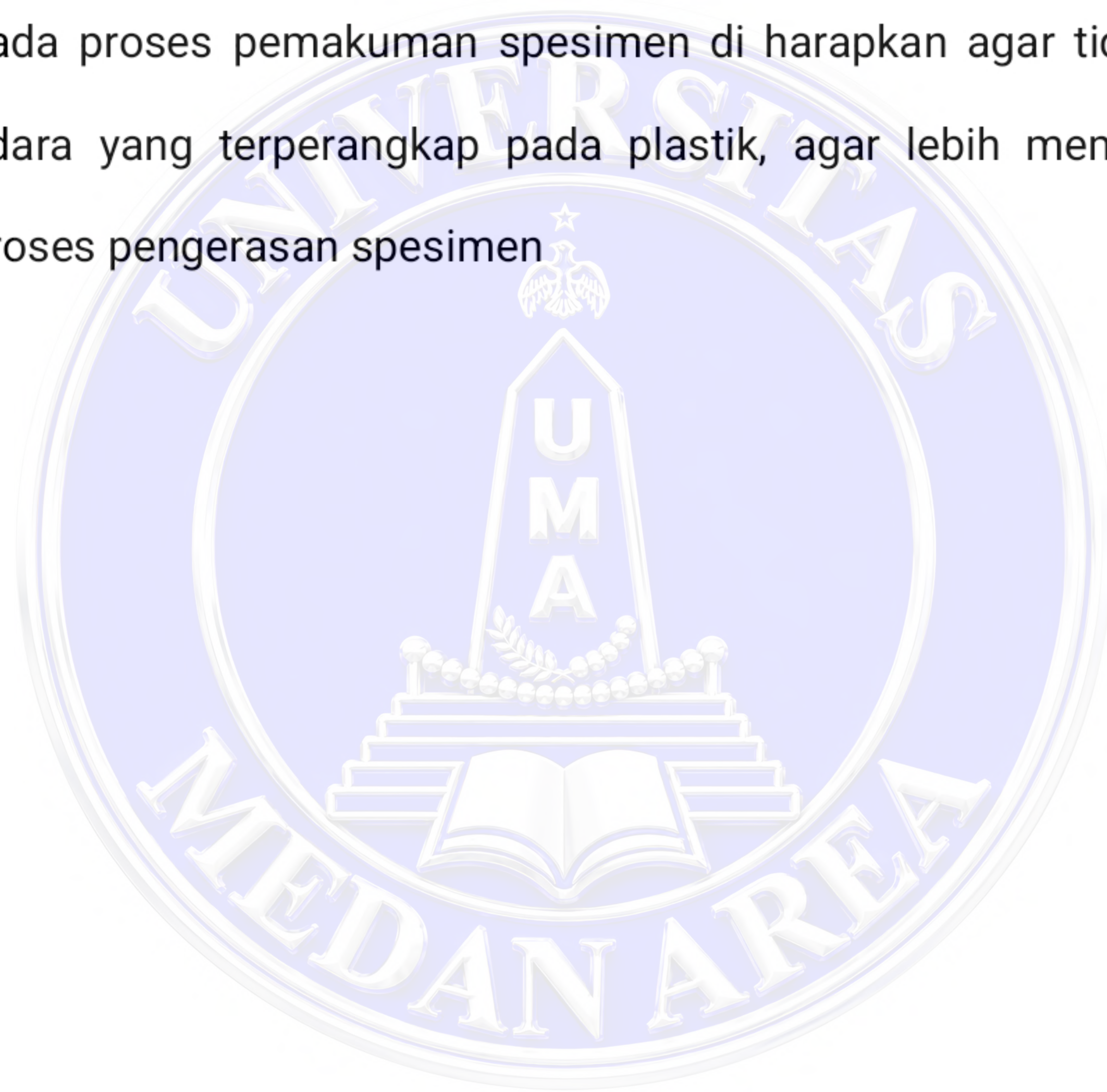
Berdasarkan hasil analisis data-data hasil eksperimental yang telah dikerjakan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Energi ketangguhan bahan (EKB) maksimum rata-rata diperoleh pada jumlah laminat sebanyak 4(JJJG) lapis, yaitu 12469,86 Joule, hal ini sangat jauh sekali dibandingkan nilai rata-rata EKB yang diperoleh pada spesimen sebanyak 3 (JGJ) lapis yaitu hanya sebesar 5755,831 Joule. Oleh karena itu, spesimen JJJG terbukti dapat meningkatkan EKB dari pada spesimen JGJ. Dengan demikian, spesimen JJJG berpotensi menambah ketangguhan struktur specimen.
2. Hasil analisis terhadap perbandingan antara kekuatan lentur dan EKB bahan menunjukan bahwa semakin banyak jumlah lapisan serat jute yang terdapat pada spesimen maka semakin tinggi pula hasil dari Kekuatan Lentur dan EKB yang mampu di serap spesimen tersebut.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil dan kesimpulan dalam penelitian ini, maka kepada penelitian selanjutnya disarankan untuk:

1. Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk menambahkan lapisan serat jute yang lebih banyak dari pada serat e-glass
2. Pada saat pencetakan spesimen sebaik nya di oleskan dengan cairan Wax yang lebih banyak.
3. pada proses pemakuman spesimen di harapkan agar tidak ada lagi udara yang terperangkap pada plastik, agar lebih memaksimalkan proses pengerasan spesimen



DAFTAR PUSTAKA

- Amirin Kusmiran , Akbar Sukman Pradhipta, R. D. (2020). *Pengaruh Orientasi Serat KompositT E-glass Epoxy Terhadap sifat Mekanik Pegas Daun Tunggal dengan Metode Elemen Hingga*. 4(1), 57–62.
- Arisena, G. M. K. (2018). Buku Ajar Pengantar Statistika. 2018, 1–46.
- ASTM D790 – 17. (2002). Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. D790. *Annual Book of ASTM Standards, i*, 1–12. <https://doi.org/10.1520/D0790-17.2>
- Bardja, S. (2017). Pengaruh Penerapan Senam Hook Ups Terhadap Tingkat Percaya Diri Anak Kelas Dua MIN Guwa Kidul. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 2(12), 112–122. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- D. C. Montgomery and G. C. Runger. (2008). *Applied Statistics and Probability for Engineers* (3rd ed.).
- Gapsari, F., & Setyarini, P. H. (2010). Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Resin Berpenguat Serbuk Kayu. In *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 1, Issue 2).
- Gorontalo, U. I. (2017). Penentuan Threshold Citra Mulut Dengan Metode Normal Probability Density Function (NPDF) Guna Mendeteksi Mulut Pemelajar. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 9(2), 137–144.
- Gunawan, P., Budi, A. S., & Wicaksono, K. D. (2014). Kuat Lentur, Toughness, Dan Stiffness Pada Beton Ringan. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 2(2), 109–116.
- Habibie, S., Suhendra, N., Roseno, S., Setyawan, B. A., Anggaravidya, M., Rohman, S., Tasomara, R., & Muntarto, A. (2021). Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan, Suatu Kajian Pustaka. *Jurnal Inovasi Dan Teknologi Material*, 2(2), 1–13.
- Harman Said, Lukas Kano Mangalla, B. S. (2019). Analisa Mampu Redam Suara Komposit Serat Sabut Kelapa Dengan Matriks Polyvinyl Acetate (Lem Fox). *Fibres, Films, Plastics and Rubbers*, 4(1), 66–71.

<https://doi.org/10.1016/b978-0-408-15960-9.50013-9>

Huda, R. N. (2018). Pengaruh variasi volume serat pelepah pisang pada kekuatan impak komposit. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 5–18.

Kosanke, R. M. (2019). *Material komposit*. 8–30.

Muranti, A. (2009). *Serat Jute dengan Olahan Kriya Sebagai Alternatif Bahan Baku Tas*. Universitas Negeri Jakarta.

MV Al Fazar. (2020). Komposit Material. In *Material Komposit* (Vol. 5).

Nasution, L. M. (2019). Dasar Statistika. *Jurnal Al-Fikru Thn. XIII, No. 2, Juli – Desember 2019 • ISSN 1978-1326 Yang*, 13(16), 141–145.

Pane, F. P., Tanudjaja, H., & R.S. Windah. (2015). Pengujian Kuat Tarik Belah Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.

R. Peck, C. Olsen, J. D. (2008). *Introduction to Statistics and Data Analysis* (3rd ed.). Thomson Higher Education.

Septiyanto, R. F., Hanif, A., & Abdullah, D. (2016). Perbandingan Komposit Serat Alam dan Serat Sintetis melalui Uji Tarik dengan Bahan Serat jute dan e-glass. *Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, 2(1), 1–4.

Siregar, D. A., , Achmad Jusuf Zulfikar, M. Y. R. S., & Siregar, R. A. (2022). *FT-UMSU FT-UMSU*. 5(1), 20–25.

Gultom, R. P. (2023) Analisis Kekuatan Lentur bahan Komposit Laminat Hybrid Jute E-Glass (23-27)

LAMPIRAN

