

**ANALISIS KEKUATAN LENTUR BAHAN KOMPOSIT
LAMINAT *JUTE* DAN *E-GLASS* DENGAN METODE
OPTIMASI *TAGUCHI***

SKRIPSI

OLEH:

ZEFRIUS GULO

178130100



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

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 25/3/24

Access From (repository.uma.ac.id)25/3/24

HALAMAN JUDUL

**ANALISIS KEKUATAN LENTUR BAHAN KOMPOSIT
LAMINAT *JUTE* DAN *E-GLASS* DENGAN METODE
OPTIMASI *TAGUCHI***

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area



Oleh :

ZEFRIUS GULO

178130100

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/3/24

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)25/3/24

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Analisis Kekuatan Lentur Bahan Komposit Laminat *Jute*
Dan *E-Glass* Dengan Metode Optimasi *Taguchi*
Nama Mahasiswa : Zefrius Gulo
NIM : 178130100
Fakultas : Teknik



Tanggal Lulus: 11 Oktober 2023

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.

Medan, 11 Oktober 2023



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 : Zefrius Gulo
NPM : 178130100
Program Studi : 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 *jute* dan *e-glas* dengan metode *taguchi*.

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 : 11 Oktober 2023

Yang menyatakan


(Zefrius Gulo)

ABSTRAK

Bahan komposit telah mengalami perkembangan yang cukup pesat sebagai bahan baru alternatif pengganti bahan-bahan logam. Struktur laminat *jute* merupakan struktur utama dari suatu benda dan akan mengalami penurunan kekuatan mekaniknya seiring dengan waktu pakainya. Dalam studi ini, bahan komposit laminat dari kain *jute* anyaman akan digunakan sebagai penguat struktur material. Tujuan penelitian ini ialah mendapatkan data hasil uji kekuatan lentur bahan komposit laminat *jute* dan e-glass, menghitung nilai rata-rata dan signal to noise (SNR) dari data hasil uji, dan mendapatkan komposisi optimum terhadap kekuatan lentur terbaik dengan metode optimasi *taguchi*. Komposit laminat terbuat dari lapisan lembaran *jute* (J) dan e-glass (G) anyaman yang terdiri dari 9 variasi, yaitu J90.2, J90.3, J90.4, J45.2, J45.3, J45.4, dan G90.2, G90.3, G90.4. Spesimen uji lentur dibentuk berdasarkan standar uji ASTM D790. Pengujian lentur menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* (UTM) kapasitas 40 kN. Hasil studi memperlihatkan bahwa pemberian lapisan laminat *jute* dan e-glass menyebabkan peningkatan kekuatan lentur spesimen hingga 77%. Dengan demikian, pemberian bahan komposit laminat dari bahan *jute* dan e-glass berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut untuk menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik lagi.

Kata kunci : Komposit laminat *jute*, kekuatan lentur, lembar *jute* anyaman, lembar *e-glass* anyaman.

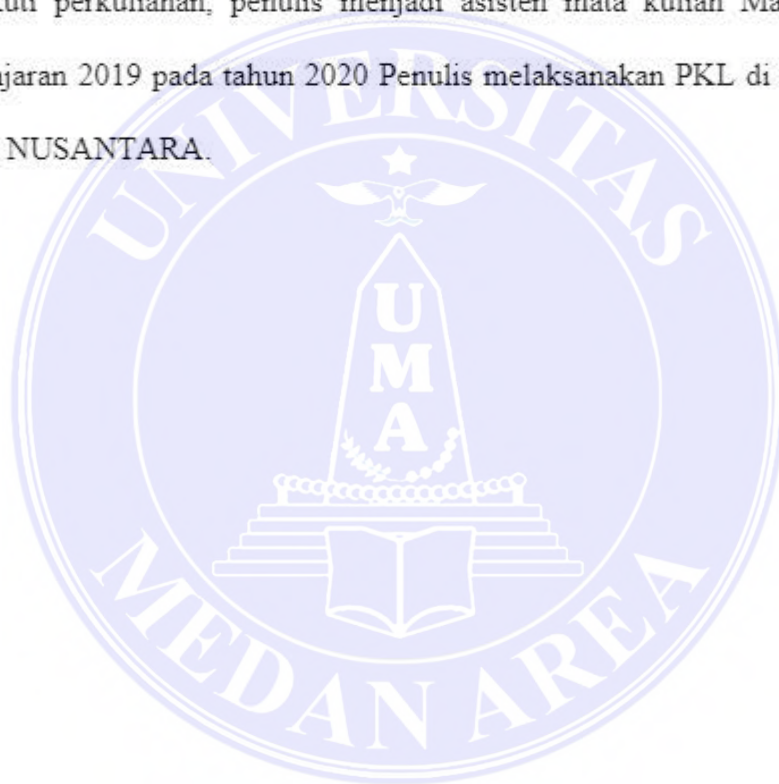
ABSTRACT

Composite materials have experienced quite rapid development as new alternative materials to replace metal materials. The structure of the jute laminate is the main structure of an object and will experience a decrease in its mechanical strength over time. In this study, laminated composite materials from woven jute fabrics will be used as reinforcement for the material structure. The purpose of this study was to obtain data on the flexural strength test results for laminated jute and e-glass composite materials, calculate the average value and signal to noise (SNR) from the test results, and obtain the optimum composition for the best flexural strength using the taguchi optimization method. Composite laminate is made of layers of woven jute (J) and e-glass (G) sheets consisting of 9 variations, namely J90.2, J90.3, J90.4, J45.2, J45.3, J45.4, and G90.2, G90.3, G90.4. The flexural test specimens are formed according to ASTM D790 test standard. Flexure testing used a Universal Testing Machine (UTM) with a capacity of 40 kN. The results of the study show that the application of layers of laminated jute and e-glass causes an increase in the flexural strength of the specimen up to 77%. Thus, the provision of laminated composite materials from jute and e-glass has the potential to be further developed to produce even better mechanical properties.

Keywords : Composite laminated jute, flexural strength, woven jute sheet, woven e-glass sheet.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Ehosakhozi, 22 juli 1999 dari ayah Faedosokhi Gulo dari ibu Ludiana Gulo Penulis merupakan anak ketiga dari 8 bersaudara. Tahun 2017 Penulis lulus dari SMA N1 Lolofitu Moi 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 2020 Penulis melaksanakan PKL di PT. SARANA AGRO NUSANTARA.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah pembuatan dan pengujian spesimen komposit dengan judul Analisis kekuatan lentur bahan komposit laminat *jute* dan *e-glass* dengan metode optimasi *taguchi*. Terima kasih penulis sampaikan kepada bapak Zulfikar, S.T., M.T selaku pembimbing 1 penulis, yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis selama proses pengerjaan penelitian ini. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada rekan-rekan satu tim dan teman-teman seangkatan yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi/tesis ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi/tesis ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi/tesis ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih

Penulis



(Zefrius Gulo)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Bahan Komposit Laminat	6
2.2 Kain <i>Jute</i> Anyaman	6
2.3 Lembar Serat Kaca	8
2.4 Kekuatan Lentur	9
2.5 Statistik	10
2.6 Metode Optimasi <i>Taguchi</i>	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu Dan Tempat Dan Penelitian	16
3.2 Bahan Dan Alat	16
3.3 Metode Penelitian	22
3.4 Populasi Dan Sampel	23
3.5 Prosedur Kerja	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27

4.1 Hasil.....	27
4.2 PEMBAHASAN.....	31
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1 SIMPULAN.....	34
5.2 SARAN.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	39



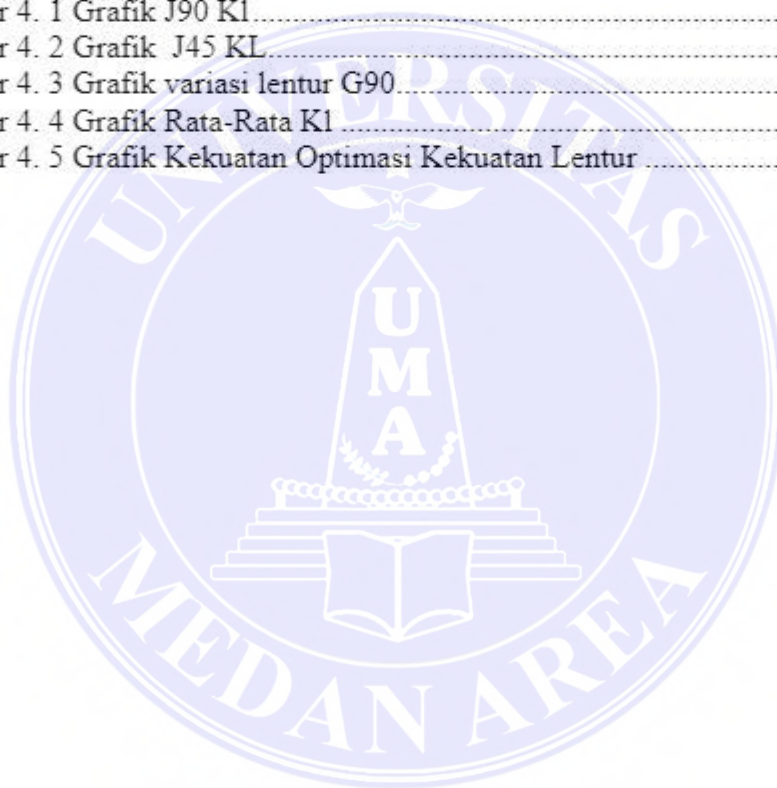
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Dan Komposisi Serat <i>Jute</i>	7
Tabel 2.2 Karakteristik mekanik serat kaca jenis <i>e-glass</i>	9
Tabel 2.3 <i>Orthoghonal Array</i>	13
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	16
Tabel 4.1 hasil Uji Kekuatan Lentur	27
Tabel 4.2 Nilai rata-rata hasil pengujian	29
Tabel 4.3 Data hasil uji dikurangi dengan nilai rata-rata	30



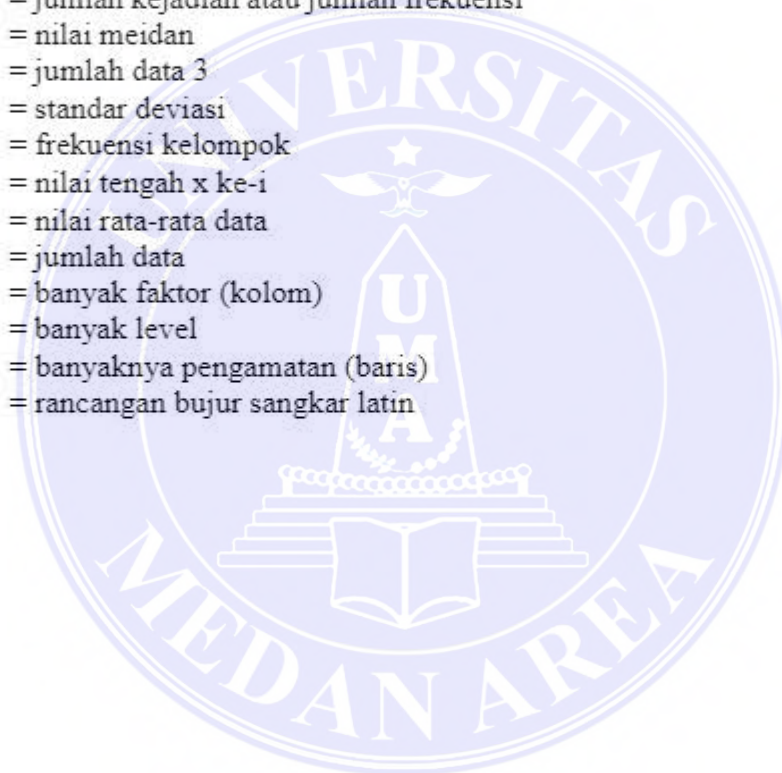
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 klasifikasi komposit laminat.....	6
Gambar 2.2 kain <i>jute</i> anyaman.....	7
Gambar 2.3 Serat <i>e-glass</i>	8
Gambar 3.1 Vakum <i>cleaner</i>	17
Gambar 3.2 Timbangan Digital.....	18
Gambar 3.3 <i>Universal Testing Machine</i>	18
Gambar 3.4 Laptop.....	19
Gambar 3.5 Kain <i>Jute</i>	20
Gambar 3.6 Serat <i>e-glass</i>	20
Gambar 3.7 Bahan <i>Matric Komposit Resin Epoxy Dan Katalis (Hardener)</i>	21
Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian.....	26
Gambar 4.1 Grafik J90 K1.....	28
Gambar 4.2 Grafik J45 KL.....	28
Gambar 4.3 Grafik variasi lentur G90.....	29
Gambar 4.4 Grafik Rata-Rata K1.....	32
Gambar 4.5 Grafik Kekuatan Optimasi Kekuatan Lentur.....	33



DAFTAR NOTASI

σ_f	= Tegangan lentur
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)
X	= notasi rata-rata sebelum
X	= nilai data dari $X_1 \dots X_n$
N	= jumlah kejadian atau jumlah frekuensi
Md	= nilai meidan
N	= jumlah data 3
S	= standar deviasi
Fi	= frekuensi kelompok
X_i	= nilai tengah x ke-i
\bar{x}	= nilai rata-rata data
n	= jumlah data
f	= banyak faktor (kolom)
l	= banyak level
n	= banyaknya pengamatan (baris)
L	= rancangan bujur sangkar latin



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Material merupakan sesuatu yang disusun atau dibuat oleh bahan baku. Material adalah bahan baku yang diproduksi perusahaan industri dan dapat diperoleh dari pembelian lokal, impor atau pengolahan yang dilakukan sendiri (Watanabe *et al.*, 2014). Material dijadikan dari beberapa bahan sebagai suatu produk atau barang jadi yang lebih bermanfaat, seperti material komposit yang terdiri dari dua kombinasi bahan atau lebih dan memiliki sifat mekanik yang berbeda.

Komposit adalah material yang terbentuk melalui pencampuran dua material atau lebih yang berbeda, dalam bentuk dan komposisi material yang tidak larut satu sama lain. Pada umumnya material komposit merupakan material yang dibentuk dari bahan- bahan yang memiliki beberapa sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing- masing komponennya, dan kombinasi tersebut tidak terbatas pada bahan matriknya (Iskandar Fajri & Sugiyanto, 2013). Material komposit memiliki kekuatan, kekakuan, sifat isolator panas, dan lebih tahan terhadap korosi dari pada material seperti logam.

Komposit laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik sifat sendiri (MV Al Fazar, 2020). Komposit laminat *jute* adalah komposit yang diperkuat dengan beberapa gabungan serat yaitu serat secara *continuous* dengan serat secara acak, agar dapat meminimalisir kekurangan sifat dari kedua tipe dan

menggabungkan kedua serat menjadi satu agar mendapatkan karakteristik yang baru (Huda, 2018).

Serat merupakan salah satu bahan yang dipergunakan dalam pembentukan material komposit dan dalam bahan komposit serat berfungsi sebagai penguat yang menahan beban, sehingga kekuatan material komposit sangat tergantung dari serat pembentuknya (Iskandar Fajri & Sugiyanto, 2013). Serat adalah stuktur berbentuk seperti rambut berasal dari rambut hewan, tumbuhan dan mineral (Azwar, 2017). Serat biasanya dibedakan menjadi dua jenis yakni serat alam dan serat sintetis. Serat alam memiliki kemampuan dalam menyerap dan terdiri dari selulosa (*cellulose*), hemiselulosa, dan lignin (Azwar, 2017).

Serat alam adalah serat yang berasal dari tumbuhan dan hewan berbentuk seperti benang, serat ijuk, serat *jute* dan serat pisang (Xaveria *et al.*, 2013). Serat alam adalah bahan yang berkelanjutan yang mudah tersedia di alam dan memiliki keunggulan seperti berbiaya rendah, ringan, terbarukan, biodegradabilitas, dan sifat spesifik yang tinggi (Habibie *et al.*, 2021). *Jute* biasanya digunakan sebagai goni atau pembawa barang yang telah dikenal sejak zaman mesir kuno yang kemudian menyebar ke asia (Muranti, 2009). *Jute* adalah serat yang didapat dari kulit batang tanaman *Corchorus capsularis* dan serat *jute* mempunyai kekuatan dan kilau sedang, tetapi mulur saat putus rendah hanya 1,7% dan getas (Suliyanthini *et al.*, 2014).

Serat polimer sintetis (*synthetic polymeric fiber*) atau biasa disebut serat sintetis adalah serat yang dibuat oleh manusia dari hasil riset dan pengembangan dalam industri petrokimia dan tekstil (Resmi, 2020). Serat sintetis merupakan serat yang terbentuk dari bahan anorganik berbentuk seperti *e-glass*, karbon dan

aramid. Serat *e-glass* merupakan isolator yang baik, akan tetapi material dengan menggunakan serat *e-glass* merupakan material yang cukup getas dan serat *e-glass* ini juga mempunyai kekuatan tarik sekitar 3,44 GPa dan mempunyai modulus elastisitas 72,3 GPa (Nugroho, 2016).

Serat *e-glass* adalah salah satu jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi dan jenis serat ini mempunyai kemampuan bentuk yang baik (Kosanke, 2019). *E-glass* merupakan bahan sintesis yang paling banyak ditemui dan memiliki harga jual yang relatif lebih murah dibandingkan dengan jenis sintesis lainnya (Siregar *et al.*, 2022). Serat penguat *borosilicate* dengan ketahanan terhadap air dan zat kimia yang baik, dan merupakan jenis serat penguat yang sering digunakan pada pembuatan kapal (Akbar *et al.*, 2020). Oleh karena itu penulis akan analisis efektifitas komposit laminat hibrid *jute e-glass* berdasarkan kekuatan lenturnya dengan metode *anova*

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian komposit laminat *jute, e-glass* berdasarkan kuat lenturnya. Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Metode apakah yang digunakan untuk menghitung nilai kuadrat dari perlakuan, eror, dan total.
2. Bagaimana efektifitas selubung komposit laminat *jute* dan *e-glass* berdasarkan kekuatan lenturnya.
3. Apakah nilai rata-rata dari kuadrat jumlah perlakuan dan eror terdistribusi dengan baik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dalam analisis kekuatan lentur bahan komposit laminat *jute* dan *e-glass* ini nantinya dapat memenuhi beberapa kriteria hal sebagai berikut :

1. Mendapatkan data hasil uji kekuatan lentur bahan komposit laminat *Jute* dan *e-glass* dengan metode optimasi *taguchi*.
2. Menghitung nilai rata-rata dan *signal to noise* (SNR) dari data hasil uji.
3. Mendapatkan komposisi optimum terhadap kekuatan lentur terbaik dengan metode optimasi *taguchi*.

1.4 Hipotesis Penelitian

Dalam penelitian ini spesimen komposite laminat *jute* dan *e-glass* dilapisi oleh bahan perekatnya *epoxi* dan *hardenner*. Maka spesimen laminat *jute* dan *e-glass* tersebut mengalami penambahan kekuatan lentur dan untuk membuktikannya harus dilakukan pengujian untuk mengetahui seberapa besar penambahan kekuatan lenturnya. Pengujian yang dilakukan menggunakan metode optimasi *taguchi*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh komposit laminat *jute* dan *e-glass* terhadap kekuatan lenturnya dan manfaat yang berpengaruh sebagai berikut.

1. Mendapatkan pengetahuan tentang sifat mekanik material komposit laminat *jute* dan *e-glass* akibat beban lentur.
2. Diharapkan bisa memanfaatkan dan mengembangkan teknologi komposit dibidang industri material dengan menggunakan serat, untuk dapat digunakan sebagai bahan acuan dan pertimbangan dalam pengembangan penelitian ilmu yang sejenis.
3. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memanfaatkan serat dalam perkembangan ilmu pengetahuan dibidang komposit laminat agar menjadi bahan yang lebih terpakai.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Komposit Laminat

Komposit laminat (*laminated composite*) komposit laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus. Bahan komposit laminat adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut. seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 klasifikasi komposit laminat

2.2 Kain Jute Anyaman

Kain *jute* anyaman adalah bahan dasar kain goni yang tersedia cukup melimpah di wilayah asia, termasuk Indonesia (pickering efendy, & le, 2016). kain ini memiliki tekstur yang cukup kasar namun dengan kekuatan tarik yang cukup

baik dan bersifat *biodegradable* (mudah terurai secara alami). Pada umumnya kain *jute* anyaman dapat dijumpai dalam bentuk hasil tenunan yang cukup tebal dan kasar sehingga tidak mudah putus atau rusak. Sifat penting yang lain dari kain *jute* anyaman ialah sifat *higroskopis* lebih tinggi dibanding dengan serat-serat selulosa yang lain adapun kain *jute* anyaman dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 kain *jute* anyaman

Tanaman *jute* (*Corchorus capsularis*) tumbuh hingga 15-20 cm dalam 4 bulan, dan serat diekstraksi setelah panen yaitu sekitar 4 bulan sejak penanaman dan proses retting dilakukan baik dengan bantuan bahan kimia (Habibie *et al.*, 2021). Sifat- sifat dan komposisi yang terdapat pada serat *jute* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Sifat Dan Komposisi Serat *Jute*

Serat <i>Jute</i>	Komposisi
<i>Density</i> (g/cm ³)	1,23
<i>Tensile strength</i> (Mpa)	325 – 770
<i>Young's Modulus</i> (Gpa)	37,5 – 55
<i>Elongation at break</i> (%)	2,5
<i>Selulosa</i> (%)	60 - 65
<i>Hemiselulosa</i> (%)	6 -8
<i>Lignin</i> (%)	5 - 10
Kadar air (%)	10 -15

2.3 Lembar Serat Kaca

Serat dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya, semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran Kristal) maka semakin kuat bahan tersebut. Komposit *e-glass epoxy* merupakan komposit polimer matriks komposit atau biasa dikenal sebagai *glass fiber reinforced polymer* (GFRP). GFRP memiliki kualitas yang sangat baik seperti rasio kekuatan dan kekuatan yang hampir mendekati logam. Selain itu, komposit ini juga ringan, transparan, tidak berwarna, dan tidak ada batas ukuran objek dalam pembuatan. Oleh karena itu, penggunaan GFRP sering digunakan untuk aplikasi industri (Amirin Kusmiron, Akbar Sukman Pradhipta, 2020). Adapun serat *e-glass* dapat terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Serat *e-glass*

Serat *e-glass* adalah salah satu jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi, jenis ini mempunyai kemampuan bentuk yang baik (Kosanke, 2019). Bahan ini memiliki sifat tahan cuaca, tahan panas, tahan air,

rapat masa yang sangat rendah, dan modulus elastisitas yang tinggi (Siregar *et al.*, 2022). Adapun karakteristik mekanik serat kaca jenis *e-glass* terlihat pada Tabel 2.2.

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

Parameter	Satuan	Besaran
Diameter	μm	12
Rapat Massa	g/cm^3	-2.54
<i>Koefisien Ekspansi Thermal</i>	$\times 10^{-6} \text{ K}$	-5.0
<i>Young's modulus</i>	GPa	72.4 – 76
Kekuatan Tarik	GPa	3.6
<i>Poisson's ratio</i>		0.21

2.4 Kekuatan Lentur

Kuat lentur adalah besarnya nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar di atas permukaan meja penekan mesin uji lentur atau juga didefinisikan sebagai hasil bagi antara momen lentur terhadap momen inersia benda uji (Gunawan *et al.*, 2014). Kuat lentur merupakan kemampuan benda uji yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (Pane *et al.*, 2015). standar uji lentur berdasarkan ASTM D790 (ASTM D790 – 17, 2002), 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 balok uji (mm)

d = Kedalaman balok uji (mm)

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

Keterangan:

s_f = Regangan lentur (mm)

D = Lendutan Maksimum (mm)

d = Kedalaman (mm)

L = Bentang Tumpuan (mm)

2.5 Statistik

Kata “statistik” secara etimologis berasal dari kata status (bahasa Latin) yang sama dengan arti kata *state* (bahasa Inggris) atau kata *staat* (bahasa Belanda), yang bahasa Indonesiannya diterjemahkan menjadi negara (Nasution, 2019). Statistik adalah kata yang digunakan untuk menyatakan sekumpulan fakta, umumnya berbentuk angka-angka yang disusun dalam tabel atau diagram yang melukiskan atau menggambarkan suatu kumpulan data yang mempunyai arti (Arisena, 2018). Statistik dapat terbagi seperti berikut (Bardja, 2017).

a. Rata- Rata

Mean (rata-rata) adalah jumlah seluruh nilai data dibagi dengan seluruh kejadian dengan persamaan 2.1.

$$X = (\sum x) / N \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

X = notasi nilai rata-rata sebelum

x = nilai data dari X1 ... Xn

N = jumlah kejadian atau jumlah frekuensi

b. Median

Median adalah nilai tengah dan rangkaian data yang telah tersusun secara teratur atau sebagai ukuran letak, karena median membagi distribusi menjadi 2 bagian yang sama dengan persamaan 2.2.

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

Keterangan:

Md = nilai median

N = jumlah data

c. Standar Deviasi

Standar deviasi adalah nilai statistik yang dimanfaatkan untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam sampel, serta seberapa dekat titik data individu ke mean atau rata-rata nilai sampel (Hidayat *et al.*, 2019). Adapun standar deviasi terlihat pada persamaan 2.3.

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

Keterangan:

S = Standar deviasi

f_i = frekuensi kelompok

x_i = nilai tengah x ke-i

\bar{x} = nilai rata-rata data

n = jumlah data

2.6 Metode Optimasi *Taguchi*

Metode optimasi *taguchi* merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk serta proses dalam waktu yang bersamaan, menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin (Octariani *et al.*, 2021). *Taguchi* menghasilkan disiplin dan struktur dari desain eksperimen. Hasilnya adalah standarisasi metodologi desain yang mudah diterapkan oleh investigatornya. Ada beberapa hal yang perlu dibahas dalam metode optimasi *taguchi* ini ialah :

1. Tabel *Orthogonal array* (OA) dari metode *taguchi*.

Orthogonal array adalah matriks faktor dan level yang disusun sedemikian rupa sehingga pengaruh suatu faktor dan level tidak berbau dengan faktor dan level lainnya. Elemen-elemen matriks disusun menurut baris dan kolom. Baris merupakan keadaan suatu faktor, sedangkan kolom adalah faktor yang dapat diubah dalam eksperimen. Notasi *orthogonal array* adalah:

$L_n(V)$

dimana : f = banyak faktor (kolom)

l = banyak level

n = banyaknya pengamatan (baris)

L = rancangan bujur sangkar latin (irawan, 2006: 283).

Berikut ini tabel *orthogonal array* (OA) pada desain eksperimen metode *taguchi*:

Tabel 2. 3 *Orthogonal array*

Matriks Ortogonal	Jumlah factor	Jumlah level
$L_4(2^3)$	3	2
$L_8(2^7)$	7	2
$L_{12}(2^{11})$	11	2
$L_{16}(2^{15})$	15	2
$L_{32}(2^{31})$	31	2
$L_9(3^4)$	4	3
$L_{18}(2^1, 3^7)$	1 dan 7	2 dan 3
$L_{27}(3^{13})$	13	3
$L_{16}(4^5)$	5	4
$L_{32}(2^1, 4^9)$	1 dan 9	2 dan 4
$L_{64}(4^{21})$	21	4

2. Perancangan Eksperimen (*Design of Experimental*) berdasarkan OA. perancangan eksperimen (*design of eksperimental*) merupakan evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih (parameter) terhadap kemampuan mempengaruhi rata rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu. Ada beberapa langkah yang diusulkan *taguchi* untuk melakukan eksperimen secara sistematis, yaitu :

- a. menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan
- b. menentukan tujuan penelitian
- c. menentukan metode pengukuran
- d. identifikasi faktor
- e. memisahkan faktor control dan faktor noise
- f. menentukan level setiap faktor dan nilai faktor
- g. mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi
- h. menggambarkan linier graph yang diperlukan untuk faktor control dan interaksi
- i. memilih orthogonal array
- j. memasukkan faktor atau interaksi kedalam kolom
- k. melakukan eksperimen
- l. analisa hasil eksperimen
- m. interpretasi hasil
- n. pemilihan level faktor untuk kondisi optimal
- o. perkiraan rata-rata proses pada kondisi optimal
- p. menjalankan ekperimen konfirmasi.

3. Perhitungan *Signal to Noise* (SNR)

Perhitungan *signal to noise ratio* (SNR) merupakan logaritma dari suatu fungsi kerugian kuadratik dan digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu produk. SNR juga mengukur tingkat unjuk kerja dan efek dari faktor noise dari unjuk kerja tersebut serta mengevaluasi stabilitas unjuk kerja dari karakteristik mutu *output*. *signal to noise ratio* (SNR) adalah kontribusi original *taguchi* pada rancangan eksperimen yang penting dan sekaligus kontroversial. metode *taguchi* mendefinisikan *signal to noise* dengan rasio sebagai berikut :

$$SN = \frac{(\text{rata rata})^2}{\text{varians}} = \frac{\mu^2}{\sigma^2} \quad (2.6)$$

secara umum SNR diperoleh dari persamaan :

$$SN = -10\log(MSD) \quad (2.7)$$

4. Penentuan komposisi Optimal

Penentuan komposisi optimal pada metode optimasi *taguchi* ialah dengan menentukan parameter-parameter yang berpengaruh dalam suatu proses produksinya, antara lain:

- a. Faktor sinyal. faktor sinyal adalah parameter yang diatur untuk menentukan nilai respon produk yang diinginkan.
- b. Faktor kendali (*controllable factor*) faktor ini termasuk parameter yang dapat ditentukan secara bebas oleh perancang dalam nilai terbaik parameter.

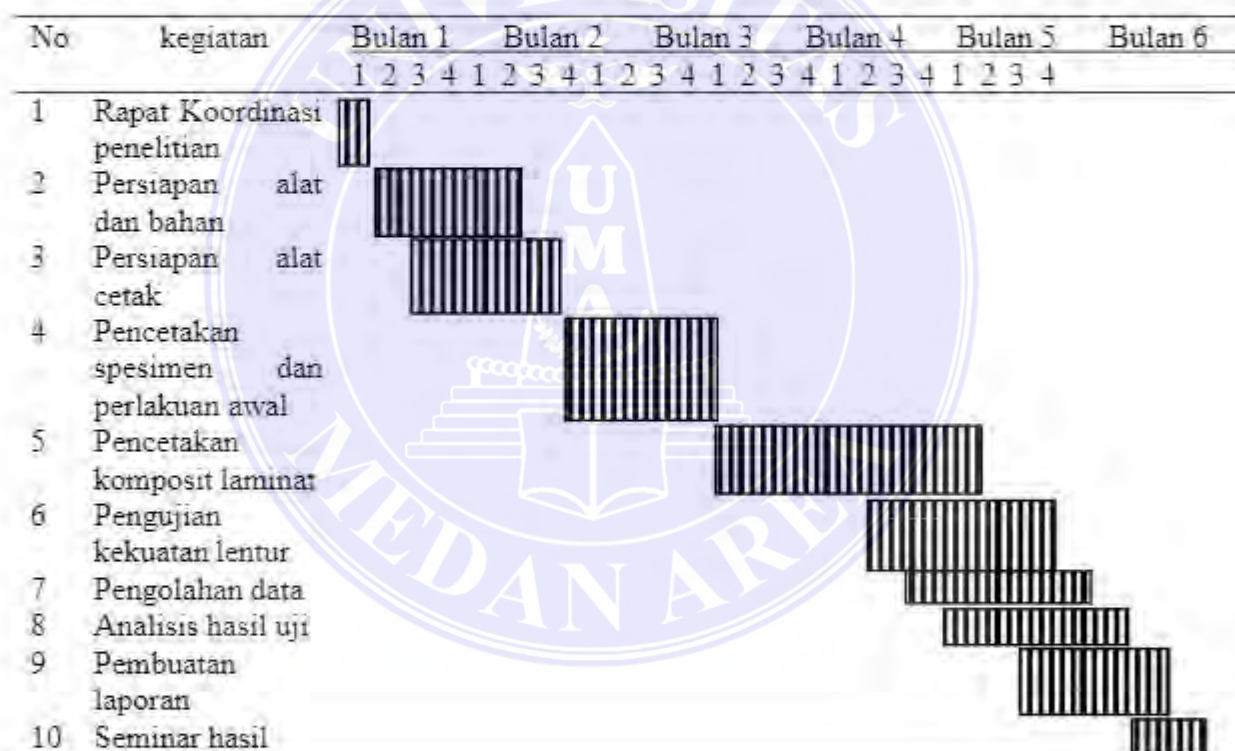
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Dan Penelitian

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Medan Area dengan waktu pelaksanaan selama 6 bulan. Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian diperlihatkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian



3.2 Bahan Dan Alat

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

3.2.1 Alat

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

a. *Vakum Cleaner*

Vacuum cleaner merupakan suatu perangkat yang bekerja dengan menggunakan pompa udara untuk menciptakan vacum parsial sebagai penghisap debu dan kotoran yang menempel dikarpet atau di lantai (Nurlaili, Bela Veronika, Orizha Cantika, 2018). Didalam penelitian ini vakum cleaner digunakan untuk menghisap udara didalam wadah. vakum cleaner dapat terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *vakum cleaner*

b. Timbangan Digital

Timbangan digital dipergunakan untuk mengukur massa bahan- bahan yang dipergunakan selama penelitian ini berlangsung. Jenis timbangan digital yang digunakan ialah SF-400 dengan kapasitas maksimum 10 kg dan presisi 1 g. Bentuk timbangan digital diperlihatkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Timbangan Digital

c. *Universal Testing Machine*

Universal Testing Machine (UTM) ialah mesin atau alat pengujian yang memiliki fungsi untuk menguji kekuatan lentur bahan terhadap jenis pembebanan yang diberikan. Alat ini dapat digunakan untuk beberapa jenis pembebanan pengujian, antara lain: beban tekan, tarik, lentur, dan fatik. Alat uji UTM yang dipergunakan dalam penelitian ini ialah dari jenis *Hydraulic* UTM model WEW-300D kapasitas 300 kN. Foto alat uji UTM tersebut diperlihatkan pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 *Universal Testing Machine*

d. Laptop

Laptop berfungsi sebagai mesin untuk menjalankan aplikasi-aplikasi yang diperlukan untuk analisis data hasil pengujian. Bentuk dan spesifikasi laptop yang dipergunakan diperlihatkan pada Gambar 3.4.



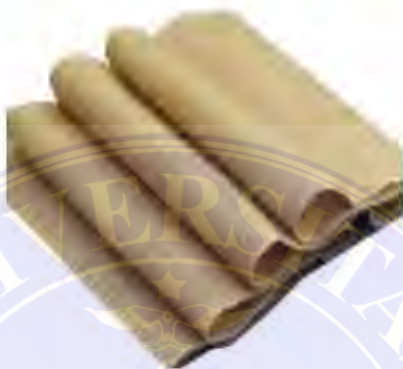
Gambar 3. 4 Laptop

3.2.2 Bahan

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

a. Kain *jute*

Kain *jute* ini dalam penelitian ini berfungsi sebagai penguat struktur beton silinder. Serat *jute* juga biasa digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Kain *Jute*

b. Serat *E- Glass*

Serat *e-glass* dalam penelitian ini berfungsi sebagai penguat struktur beton silinder. Serat *e-glass* juga biasa digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Serat *e-glass*

c. Resin *Epoxy* dan Pengeras

Resin epoxy dan pengeras dalam penelitian ini adalah dari jenis *Bisphenol A-Epichlorohydrin*. Bentuk resin epoxy dan pengerasnya diperlihatkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Bahan *matric* komposit resin epoxy dan katalis (*hardener*)

d. Spesimen Uji

Dalam studi ini, spesimen uji dicetak berdasarkan variasi lapisan serat lembaran *jute* anyaman dan serat *e-glass*. Variasi tersebut diperlihatkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 variasi spesimen uji lentur : J = *jute* dan G = *glass*

No.Uji	Bahan	Lapisan	Waktu	Komposisi
1	J90	2L	1H	25
2	J90	3L	2H	50
3	J90	4L	3H	75
4	J45	2L	2H	75
5	J45	3L	3H	25
6	J45	4L	1H	50
7	G90	2L	3H	50
8	G90	3L	1H	75
9	G90	4L	2H	25

3.3 Metode Penelitian

Adapun metode penelitian ini, prosedur pengujian lentur dan pengolahan data hasil uji.

3.3.1 Prosedur Pengujian Lentur

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

- a. persiapan spesimen dan alat UTM. Spesimen dibersihkan dari kotoran yang menempel dipermukaannya. Parameter-parameter pengujian di-input ke komputer UTM melalui *software* khusus pengujian.
- b. Peletakkan spesimen pada 2 (dua) buah dukungan yang berjarak 100 mm.
- c. Menempelkan ujung batang pembebanan tepat ditengah-tengah spesimen.
- d. Proses pembebanan lentur dengan kecepatan pembebanan 0.05 mm/menit.
- e. Perubahan beban dan defleksi dicatat secara otomatis oleh komputer UTM.
- f. Proses pengujian berakhir apabila spesimen uji telah mengalami kerusakan (patah).

3.3.2 Prosedur Pengolahan Data

Data hasil uji lentur aslinya adalah data beban dan deformasi dengan satuan Newton (N) dan millimeter (mm) secara berturut-turut. Selanjutnya, data-data tersebut harus diubah menjadi data-data tegangan dan regangan dengan bantuan *software Ms. Excel*, dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Siapkan kolom khusus untuk Tegangan dan Regangan.
- b. Ubah data beban dalam satuan N ke bentuk Tegangan dalam satuan MPa dengan menggunakan persamaan (2.1).

- c. Ubah data deformasi dalam satuan mm ke bentuk Regangan dalam satuan % dengan menggunakan persamaan (2.2).
- d. Data Tegangan dan Regangan yang diperoleh dibentuk menjadi kurva dengan menu *Insert* → *Charts*.
- e. Menentukan tegangan lentur spesimen berdasarkan kurva yang diperoleh.

3.3.3 Prosedur Optimasi *Taguchi*

Setelah data-data hasil uji diubah menjadi data-data tegangan dan regangan lentur, maka selanjutnya dilakukan perhitungan optimasi metode *Taguchi* dengan bantuan *software* Minitab 18. Prosedur optimasi tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Hitung nilai rata-rata pada masing-masing perulangan yang berjumlah 3 buah data kekuatan lentur.
- b. Hitung *Signal to Noise* (SNR) dari jenis *Larger is Better*.
- c. Hasil perhitungan SNR akan memunculkan grafik efek utama rata-rata terhadap masing-masing variasi. Hasil ini selanjutnya diinterpretasi untuk mendapatkan komposisi optimum bahan komposit

3.4 Populasi Dan Sampel

Penelitian yang mengambil topik analisis kekuatan lentur bahan komposit laminat *jute* dan *e-glass* dengan metode optimasi *taguchi* ini akan mewakili populasi untuk campuran laminat *jute* dan *e-glass* dengan kekuatan lentur maksimum terjadi pada variasi J45 yang memiliki lapisan (4 lapis), waktu (2 hari), dan komposisi (75%). Dengan uji validasi data menggunakan metode *signal to noise ratio* (SNR).

3.4.1 Sampel

- a. Benda uji yang digunakan berupa kain *jute* anyaman dan serat kaca *e-glass* dengan ukuran 150 x 100 mm dengan campuran resin *epoksi* dan *hardener*-nya.
- b. untuk sampel komposit laminat *jute* dan *e-glass* yang akan di uji dengan kode bahan J90 ialah lembaran *jute* anyaman dengan orientasi serat 90°, J45 ialah untuk lembaran *jute* anyaman dengan orientasi 45°, dan G90 ialah untuk lembaran *e-glass* dengan orientasi serat 90°. kode lapisan 2L ialah jumlah lapisan sebanyak 2 lapis, 3L ialah jumlah lapisan sebanyak 3 lapis, dan 4L ialah jumlah lapisan sebanyak 4 lapis. Kode waktu 1h ialah untuk lama proses pengerasan selama 1hari, 2h ialah untuk lama proses pengerasan selama 2 hari, dan 3h ialah untuk lama proses pengerasan selama 3 hari. Akhirnya, kode komposisi 25 ialah untuk komposisi 25% bahan, 50 ialah untuk komposisi 50% bahan, dan 75 ialah untuk komposisi 75% bahan.

3.5 Prosedur Kerja

Prosedur pembuatan spesimen uji lentur dari bahan komposit laminat dengan penguat dari kain *jute* dan serat kaca *e-glass* anyaman sebagai berikut:

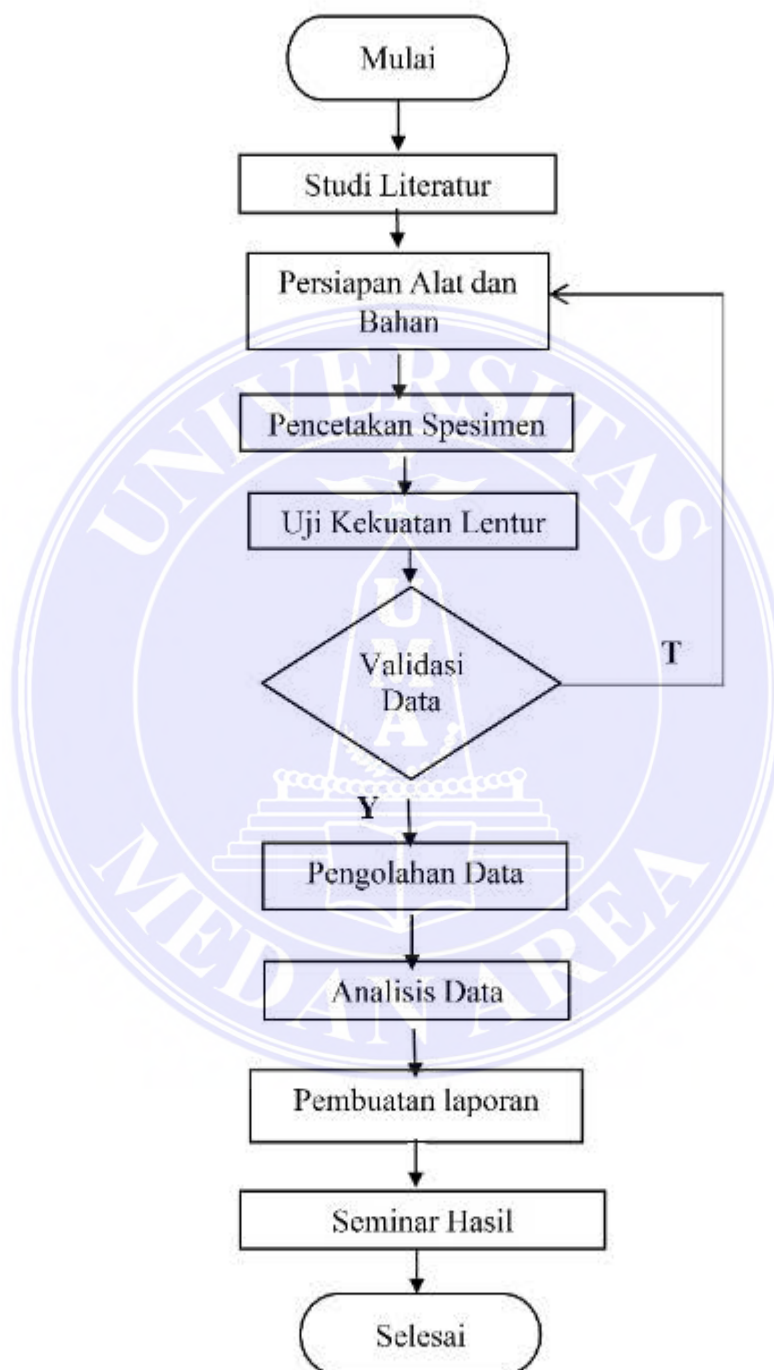
1. Persiapan alat dan bahan.
2. Persiapkan perancangan eksperimental berdasarkan metode *taguchi*.
3. Potong kain *jute* anyaman dan serat kaca *e-glass* dengan ukuran 150 x 100 mm sebanyak yang dibutuhkan.
4. Lapisi permukaan kaca dengan wax. Kaca 5 mm digunakan sebagai alat pencetakan spesimen.
5. Campur resin *epoksi* dan *hardener*-nya dalam gelas ukur. Selanjutnya disebut dengan campuran C1.

6. Oleskan campuran C1 pada permukaan kaca, letakkan lembar *jute* dan oleskan campuran C1 kembali di atas permukaan lembar *jute*, dan letakkan kembali lembar *jute* berikutnya. Orientasi serat dan jumlah lapisan dalam studi ini berdasarkan perancangan eksperimental melalui metode *Taguchi*.
7. Masukkan spesimen yang telah dicetak ke dalam kantong plastik.
8. Sambungkan ujung penghisap pompa Vakum ke kantong plastik dan ikat dengan isolasi sedemikian rupa sehingga tidak ada udara yang dapat masuk ke dalam kantong plastik.
9. Hidupkan pompa vakum untuk mengeluarkan semua udara yang berada dalam kantong plastik hingga barometer pompa menunjukkan tekanan 0 atm.
10. Ikat kantong plastik dengan tali karet sehingga kondisi dalam kantong tetap vakum dan cabut ujung penghisap pompa vakum.
11. Biarkan komposit laminat mengeras dan siap untuk dilakukan pengujian kekuatan lentur.

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.8. sebagai berikut :

3.5.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir pada gambar 3.8 sebagai berikut:



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. Hasil uji kekuatan lentur dari bahan komposit laminat *jute* dan *e-glass* dengan metode optimasi *taguchi* yaitu dengan rata-rata J90.2 = 4,17 MPa, J90.3 = 15,51 MPa. J90.4 = 17,45MPa. J45.2 = 12,09MPa. J45.3 = 23,38 MPa. J45.4 = 15,13 MPa. G90.2 = 5,89 MPa. G90.3 = 16,32 MPa. G90.4 = 25,63 MPa.
2. Nilai rata rata dan *signal to noise* (SNR) dari data hasil uji adalah 302,2794 MPa.
3. Komposisi optimum terhadap kekuatan lentur terbaik dengan metode optimasi *taguchi* yaitu dengan bahan terbaik variasi J45, lapisan (4 lapis), waktu 2 hari, komposisi 75%

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 percetakan spesimen sebaik di oleskan dengan cairan wax yang lebih banyak.

3. pada saat pemakuan spesimen di harapkan agar tidak ada lagi udara yang terperangkap pada plastic, agar lebih memaksimalkan proses pengerasan spesimen.
4. pada saat pemotongan spesimen disarankan supaya memiliki alat bantu yang sesuai dengan spesimen supaya spesimen dan tidak banyak rusak dalam pemotongan



DAFTAR PUSTAKA

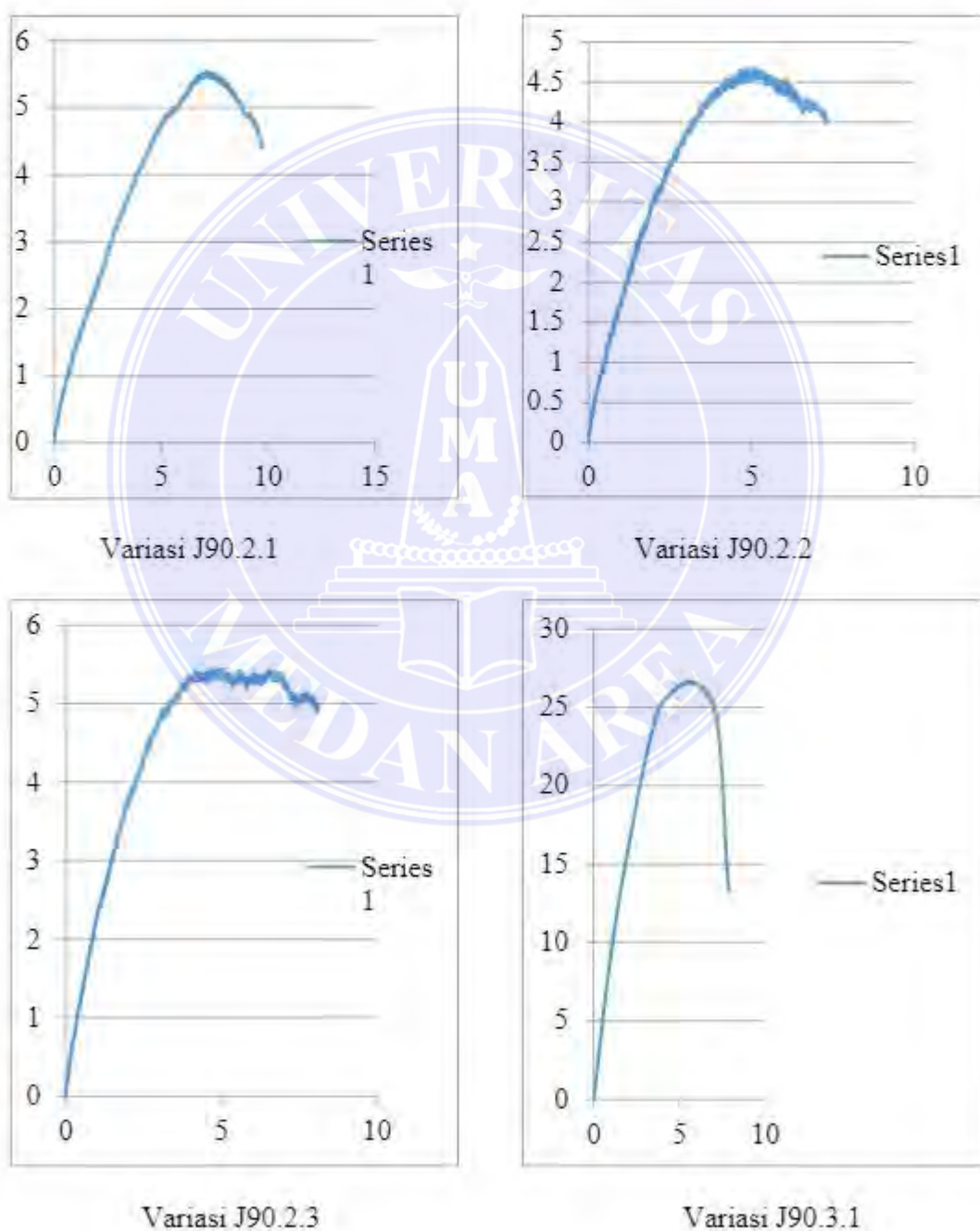
- Akbar, I. F., Yudo, H., & Mulyanto, I. P. (2020). Jurnal teknik perkapalan. *Teknik Perkapalan*, 8(2), 96–104.
- Amirin Kusmiran , Akbar Sukman Pradhipta, R. D. (2020). *Pengaruh Orientasi Serat Komposit E-Glass Epoxy Terhadap Sifat Mekanik Pegas Daun Tunggal Dengan Metode Elemen Hingga*. 4(1), 57–62.
- 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>
- Azwar, E. (2017). *Aplikasi Selulosa Sebagai Filler Pada Komposit Beton*. TEKNOSAIN.
- 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>
- 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*

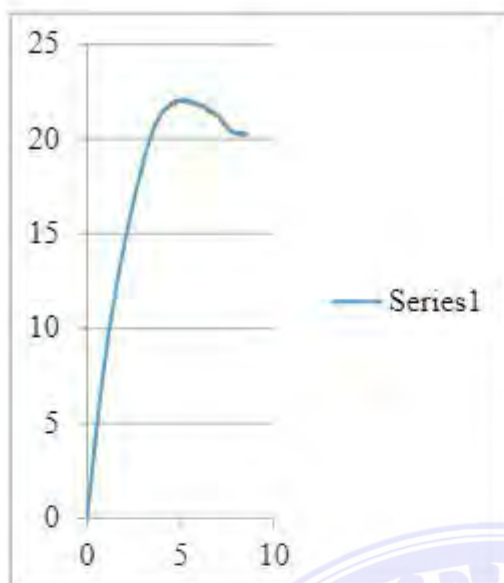
- Dan Teknologi Material*, 2(2), 1–13.
- Hidayat, R. N., Sabri, L. M., & Awaluddin, M. (2019). Analisis Desain Jaringan Gns Berdasarkan Fungsi Presisi (Studi Kasus : Titik Geoid Geometri Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 48–55.
- Huda, R. N. (2018). Pengaruh variasi volume serat pelepah pisang pada kekuatan dampak komposit. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 5–18.
- Iskandar Fajri, R., & Sugiyanto, dan. (2013).) 1) Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung 2) Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung Jln. *Prof.Sumantri Brojonegoro*, 1(2), 704947.
- 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 Thm. XIII, No. 2, Juli – Desember 2019 • ISSN 1978-1326 Yang*, 13(16), 141–145.
- Nugroho, Y. D. (2016). Karakteristik Komposit Serat Glass Dengan Variasi Jumlah Lapisan Serat. *Thesis, Dept. Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia*.
- Nurlaili, Bela Veronika, Orizha Cantika, D. M. (2018). Daya Hisap Vacuum Cleaner Sederhana. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 1, 24–26.
- Octariani, I., Virgantari, F., & Wijayanti, H. (2021). Metode *Taguchi* Dalam Analisis Pengendalian Kualitas Produk Furniture. *Interval : Jurnal Ilmiah Matematika*, 1(2), 50–61. <https://doi.org/10.33751/interval.v1i2.4556>

- 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.
- Resmi, S. (2020). Tugas Akhir Tugas Akhir. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.
- Siregar, D. A., Achmad Jusuf Zulfikar, M. Y. R. S., & Siregar, R. A. (2022). FT-UMSU FT-UMSU. 5(1), 20–25.
- Suliyanthini, D., Riza, W., Tinuk, & Aam. (2014). Modification Recycle Jute Fibre Waste For Bullet Proof Vests By. Dewi Suliyanthini, Dr. Riza. W. Jonathan MM, Dr Tinuk, and Aam. MSi. *). *Jurnal Green Growth Dan Manajemen Lingkungan*, 3(1)(<http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jgg/issue/view/224>), 1–13.
- Watanabe, Y., Abe, H., & Oka, Y. (2014). Materials. *Supercritical-Pressure Light Water Cooled Reactors*, 9784431550, 321–345. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55025-9_4
- Xaveria, M. S., Perdinan, S., & M, S. (2013). Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Serat Palem Saray Dengan Matriks Poliester. *Jurnal Saintia Fisika*, 2(November), 1998.

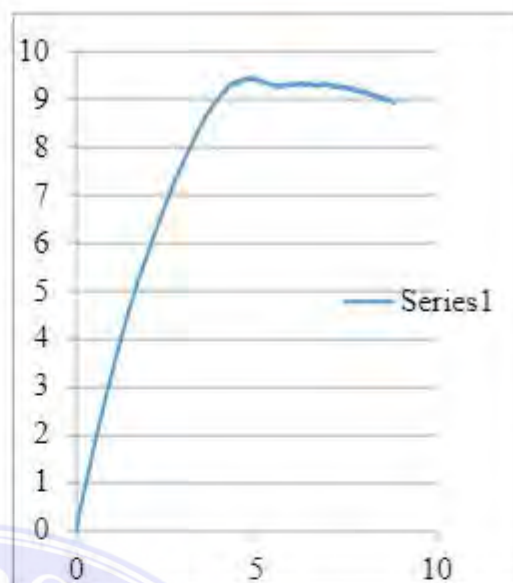
LAMPIRAN

Grafik Hasil Uji Kekuatan Lentur Bahan Komposit Laminat *Jute* Dan E-Glass
Dengan Metode Optimasi *Taguchi*

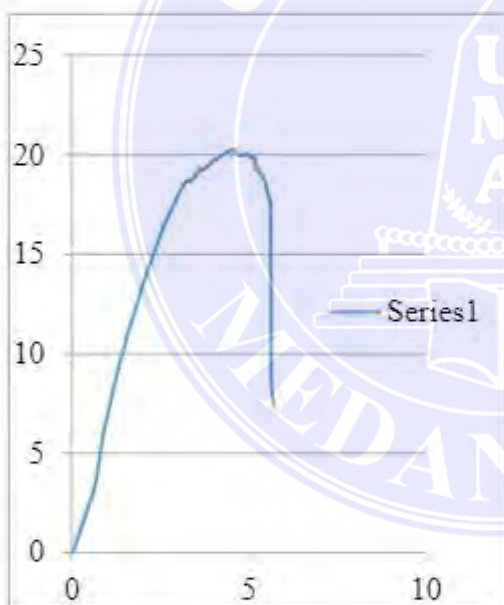




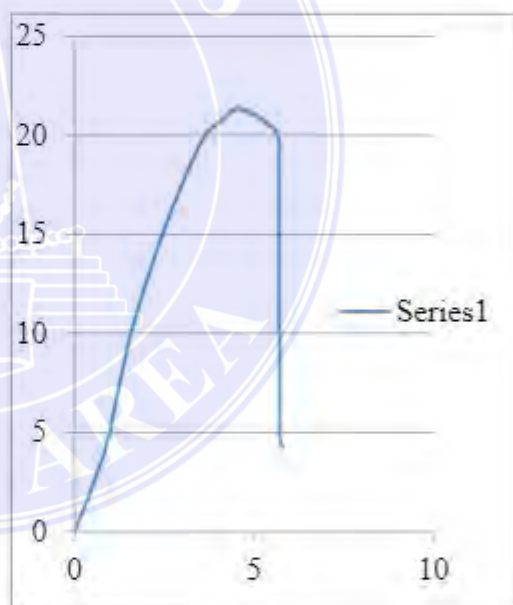
Variasi J90.3.2



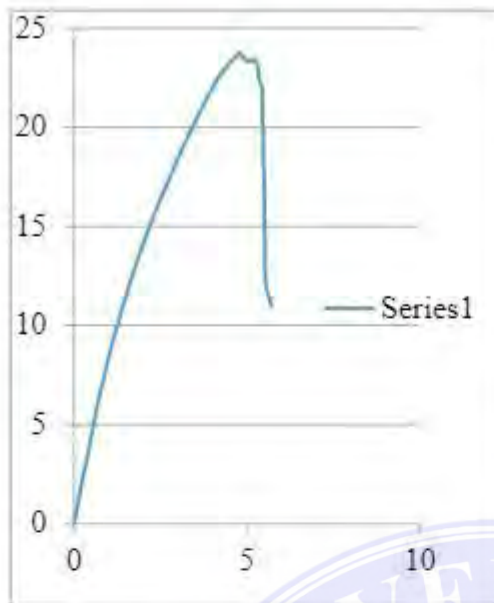
Variasi J90.3.3



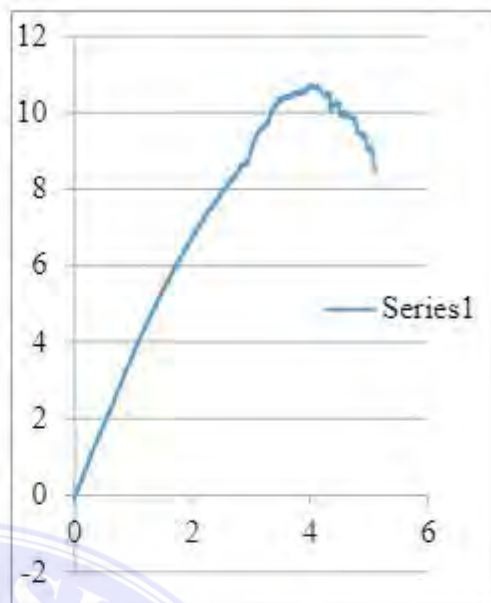
Variasi J90.4.1



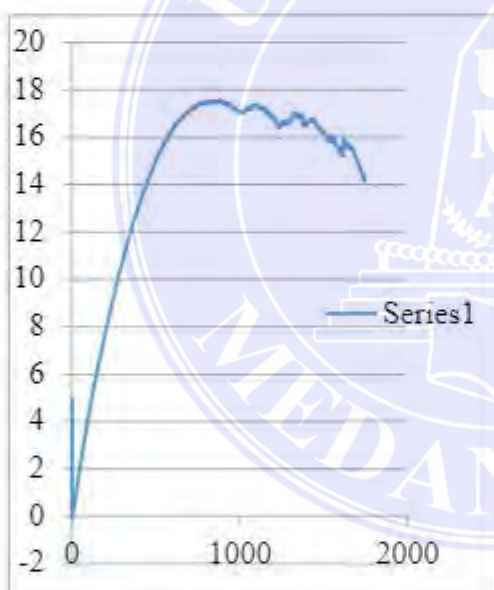
Variasi J90.4.2



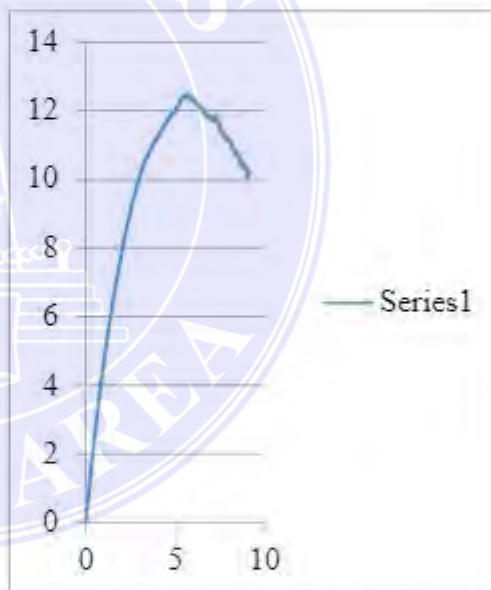
Variasi J90.4.3



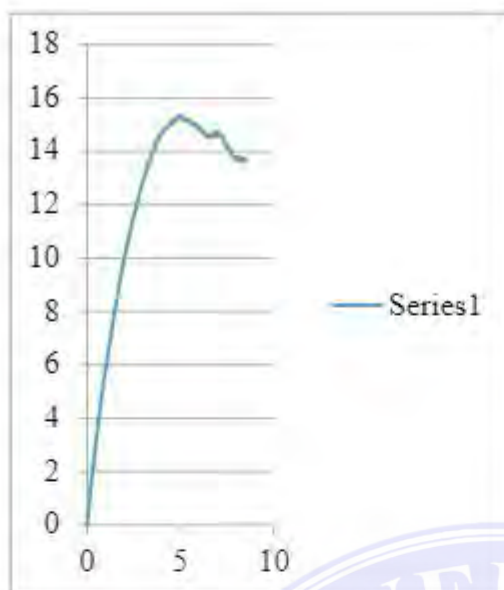
Variasi G90.2.1



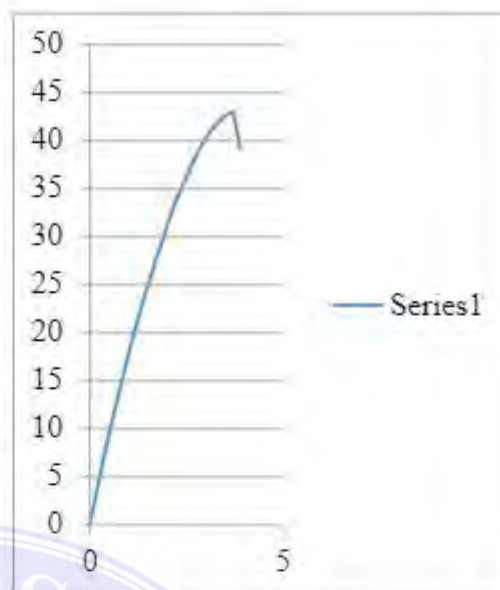
Variasi G90.2.2



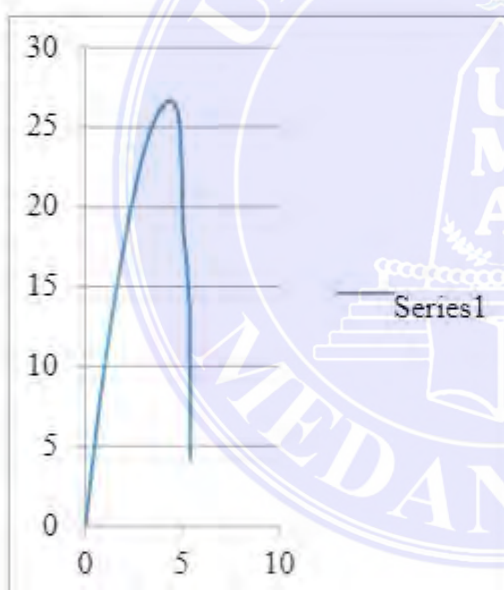
Variasi G90.2.3



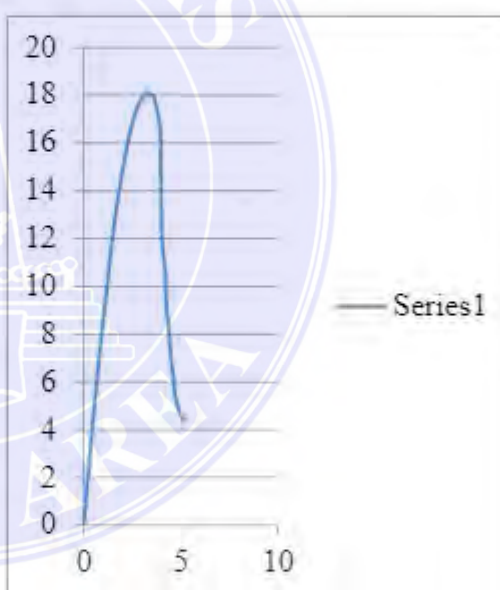
Variasi J45.2.2.1



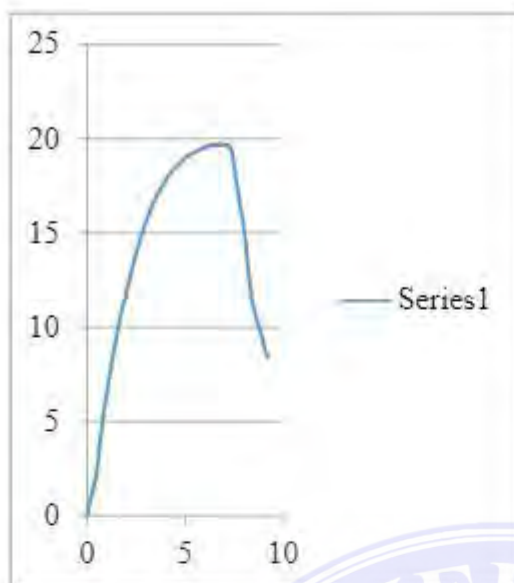
Variasi J45.2.2.2



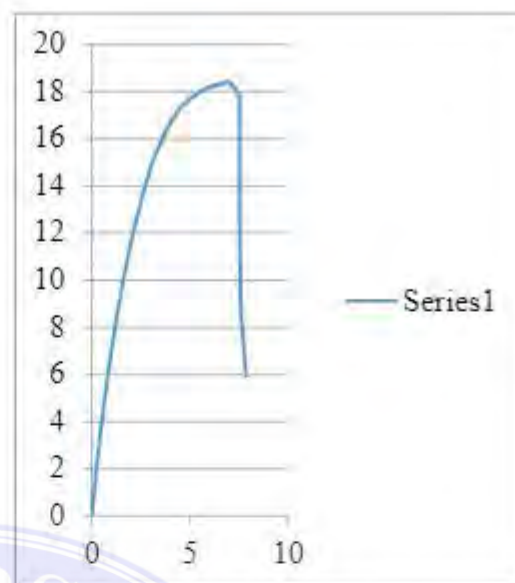
Variasi J45.2.2.3



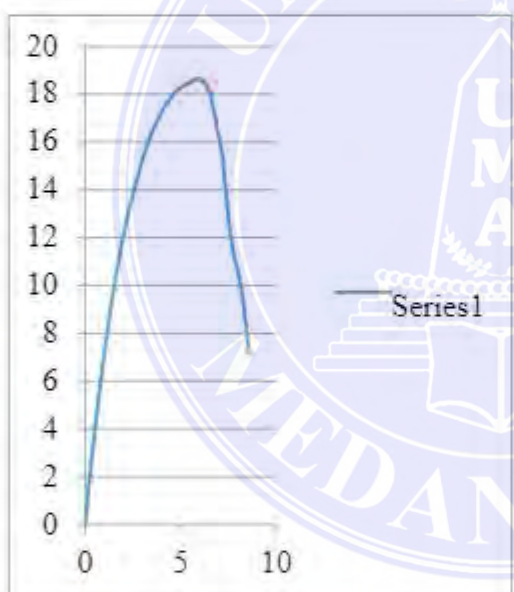
Variasi J45.2.3.1



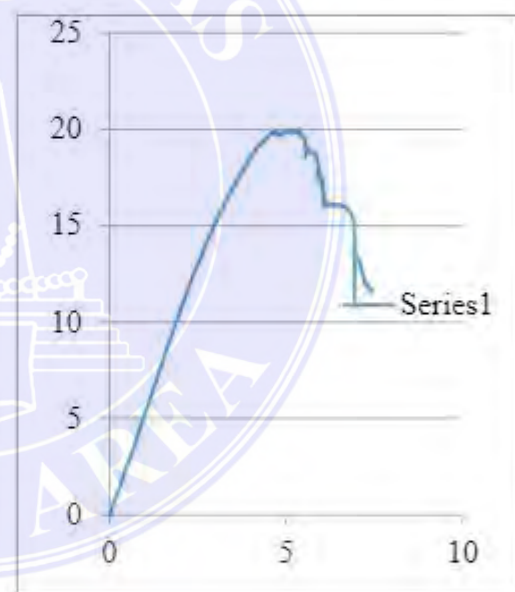
Variasi J45.2.3.2



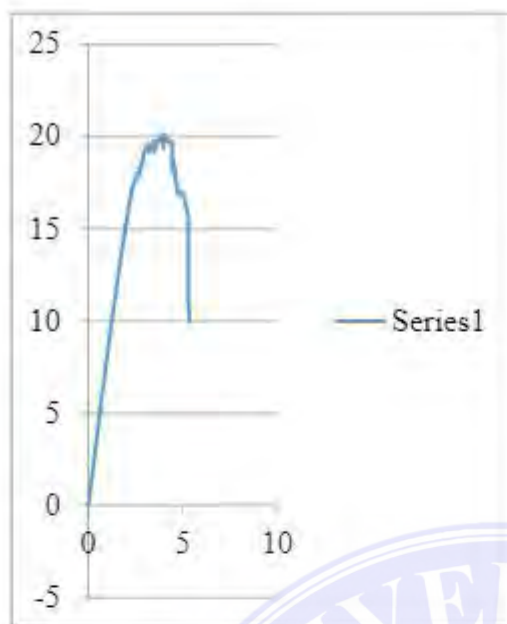
Variasi J45.2.3.3



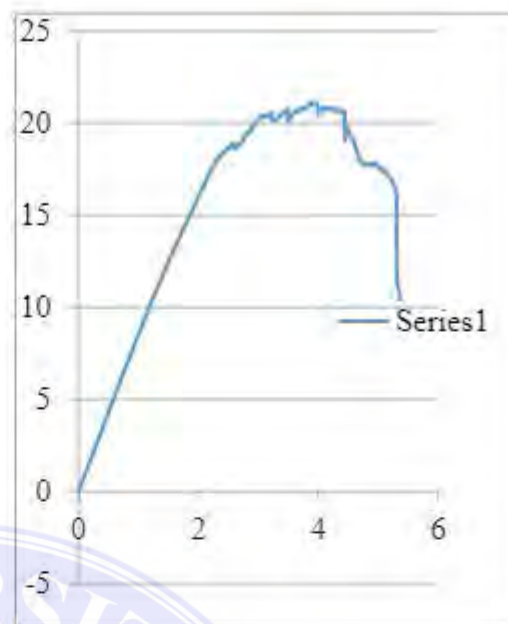
Variasi J45.2.4.1



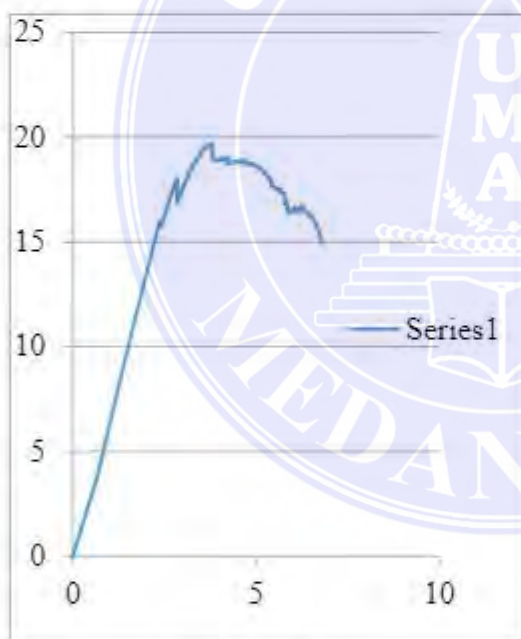
Variasi J45.2.4.2



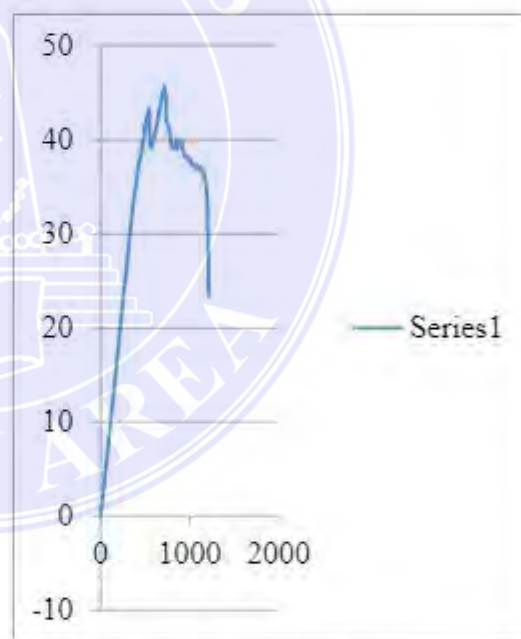
Variasi J45.2.4.3



Variasi G90.3.1



Variasi G90.3.2



Variasi G90.3.3