

**ANALISIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT PANDAN
WANGI, PANDAN BALI DAN PANDAN DURI DENGAN MatriKS
RESIN POLIESTER**

(Skripsi)

Oleh

Elva Malinda

2017041030



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2025

ABSTRAK

ANALISIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT PANDAN WANGI, PANDAN BALI DAN PANDAN DURI DENGAN Matriks RESIN POLIESTER

Oleh

ELVA MALINDA

Telah dibuat komposit berpenguat serat Pandan Wangi, Pandan Bali, dan Pandan Duri dengan metode perendaman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa karakteristik mekanik dan struktur mikro komposit yang diperkuat dengan serat daun Pandan Wangi, Pandan Bali, dan Pandan Duri dengan matriks resin poliester. Uji tarik dilakukan untuk menentukan kekuatan tarik maksimum, regangan, dan modulus elastisitas dari masing-masing variasi komposit serat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komposit serat Pandan Bali memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 38,28 MPa dan elongasi 250,84%, diikuti oleh serat Pandan Wangi dengan kekuatan tarik 21,94 MPa dan elongasi 240,35%, serta serat Pandan Duri yang memiliki kekuatan tarik 19,23 MPa dan elongasi 171,68%. Meskipun komposit non-serat menunjukkan kekuatan tarik yang mendekati komposit serat Pandan Bali sebesar 38,04 MPa, elongasi material ini jauh lebih rendah (11,40%) sehingga cenderung lebih kaku dan getas. Analisis struktur mikro menggunakan *Optical Microscopy* (OM) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan distribusi serat yang baik dalam matriks, meskipun ditemukan *voids* dan cacat mikro. Berdasarkan analisis SEM-EDX elemen yang dominan dalam komposit ini adalah karbon (C) dan oksigen (O), dengan keberadaan elemen lain seperti natrium (Na) dan aluminium (Al) yang diindikasikan sebagai pengotor.

Kata kunci: komposit serat alam, resin poliester, uji tarik, analisis mikrostruktur.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE TENSILE STRENGTH OF PANDANUS AMARYLLIFOLIUS, CORDYLINE AUSTRALIS AND PANDANUS TECTORIUS FIBER COMPOSITE WITH POLYESTER RESIN MATRIX

By

ELVA MALINDA

The composite with *Pandanus Amaryllifolius*, *Cordyline Australis*, and *Pandanus Tectorius* fibers has been created using soaking method. This research aims to analyze the mechanical properties and microstructure of composites reinforced with *Pandanus Amaryllifolius*, *Cordyline Australis*, and *Pandanus tectorius* fibers with a polyester resin matrix. Tensile tests were conducted to determine the maximum tensile strength, strain, and young's modulus of each fiber composite variation. The results revealed that the *Cordyline Australis* fiber composite exhibited the highest tensile strength of 38.28 MPa and elongation of 250.84%, followed by *Pandanus Amaryllifolius* with a tensile strength of 21.94 MPa and elongation of 240.35%, and *Pandanus tectorius* with a tensile strength of 19.23 MPa and elongation of 171.68%. While the non-fiber composite showed a tensile strength close to the *Cordyline Australis* composite at 38.04 MPa, its elongation was significantly lower (11.40%), indicating higher stiffness and brittleness. Microstructural analysis using optical microscopy (OM) and Scanning Electron Microscopy (SEM) revealed good fiber distribution within the polyester matrix, although voids and micro-defects were observed, which could affect the mechanical performance. Pandan Bali fibers were found to significantly improve the strength and flexibility of the composite compared to other fiber types. Based on *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDX) analysis, the dominant elements in the composite were carbon (C) and oxygen (O), with traces of sodium (Na) and aluminum (Al) as contaminants.

Keywords: natural fiber composite, polyester resin, tensile test, microstructure analysis.

**ANALISIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT PANDAN
WANGI, PANDAN BALI DAN PANDAN DURI DENGAN MatriKS
RESIN POLIESTER**

Oleh

Elva Malinda

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA SAINS

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2025

Judul Penelitian : Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serat Pandan
Wangi, Pandan Bali dan Pandan Duri dengan
Matriks Resin Poliester

Nama Mahasiswa : Elva Malinda

Nomor Pokok Mahasiswa : 2017041030

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.
NIP. 195903081991031001

Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si.
NIP. 199006162019031016

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

Arif Surtono, S.Si., M.T., M.Eng.
NIP. 197109092000121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.**

Sekretaris : **Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si.**

Penguji : **Suprihatin, S.Si., M.Si.**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **02 Januari 2025**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain. Sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis yang dicantumkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 02 Januari 2025

Penulis,

Elva Malinda

NPM. 2017041030

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Elva Malinda, dilahirkan pada tanggal 08 Juli 2002 di Tapak Siring, Lampung Barat. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Irhasan dan Ibu Dahliana.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Tapak Siring pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama di SMP Muhammadiyah 1 Sukau pada tahun 2017 dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Sukau pada tahun 2020. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur PMPAP pada tahun 2020. Selama menempuh pendidikan penulis aktif dalam keanggotaan pengurus Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) dalam bidang Dana dan Usaha (Danus) HIMAFI UNILA periode 2022.

Penulis telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di UPTD Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Lampung pada tahun 2023 dengan judul “Penetapan Kadar Cadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada Beberapa Jenis Limbah Air Sungai di UPTD Laboratorium Lingkungan Hidup Provinsi Lampung berdasarkan SNI 698-84:2019 secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Tipe-7000”. Penulis juga telah melakukan program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung pada tahun 2023 di Pesisir Barat. Selanjutnya penulis melakukan penelitian dalam bidang material komposit sebagai topik skripsi di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung dengan judul “Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serat Pandan Wangi, Pandan Bali dan Pandan Duri dengan Matriks Resin Poliester”. Penulis melakukan penelitian di Laboratorium Fisika Material Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

MOTTO

**“Tidak Ada Dua Hal yang Digabungkan Lebih Baik
daripada Pengetahuan dan Kesabaran”**

-Nabi Muhammad SAW-

**“Jadilah Baik. Sesungguhnya Allah Menyukai Orang-
Orang yang Berbuat Baik.”**

(Q.S Ali Imran: 173)

“Hidup Ini Seperti Film, Kamu Adalah Sutradara”

-You're Beautiful-

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan karya kecil ini kepada:

**Kedua Orang Tuaku
Bapak Irhasan & Ibu Dahliana**

Sudah membimbing, mendidik, menemani dan menyemangati putrimu dengan kelembutan do'a dan kasih sayang. Terimakasih atas restu yang tiada hentinya dari dulu, sekarang hingga nanti.

**Keluarga Besar dan Sahabat serta Rekan-Rekan Seperjuangan FISIKA
FMIPA UNILA 2020**

Terimakasih atas segala dukungan yang telah diberikan sehingga dapat tetap bertahan dalam suka maupun duka

**Almamater Tercinta
UNIVERSITAS LAMPUNG**

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serat Pandan Wangi, Pandan Bali dan Pandan Duri dengan Matriks Resin Poliester”** yang merupakan syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains (S.Si) pada bidang Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Skripsi ini membahas tentang pembuatan komposit menggunakan pengisi berupa serat Pandan Duri, Pandan Bali dan Pandan Wangi dengan Matriks Resin Poliester. Selanjutnya komposit dilakukan uji mekanik dan struktur morfologi serta karakterisasi menggunakan *Universal Testing Machine*, *Optical Microscopy* dan *Scanning Electron Microscopy*.

Pada penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan baik dalam isi maupun cara penyajian. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, 02 Januari 2025

Penulis,

Elva Malinda

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang maha segalanya, atas seluruh curahan rahmat dan hidayah Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serat Pandan Wangi, Pandan Bali dan Pandan Duri dengan Matriks Resin Poliester**”. Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik berupa tenaga maupun pemikiran. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis haturkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta ilmunya.
2. Bapak Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan dan motivasi sehingga skripsi ini menjadi lebih baik sampai akhir penulisan.
3. Ibu Suprihatin, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji, terimakasih telah mengoreksi kekurangan dan memberikan kritik serta saran selama penulisan skripsi ini.
4. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama penulis menempuh studi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
5. Bapak Irhasan, Ibu Dahliana dan Adikku Dewi Ratna Sari. Terimakasih atas segala do'a, dukungan, semangat serta kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis.
6. M. Dio Fahrezi selaku *support system* sehari-hari yang telah mendo'akan, membimbing, memberikan semangat dan nasihat serta mendengarkan keluh kesah penulis.

7. Fauzi Rakhman, Deden Sudratjat dan Aldi Isnur yang telah berjuang bersama, saling mendengarkan keluh kesah dan memberikan semangat kepada penulis.

Akhir kata penulis haturkan do'a semoga Allah SWT memberikan imbalan yang berlipat atas bantuan semua pihak. Semoga Allah SWT selalu mempermudah langkah kita yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 02 Januari 2025
Penulis,

Elva Malinda

DAFTAR ISI

Halaman

COVER	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR JUDUL	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pandan Wangi (<i>Pandanus Amaryllifolius</i>)	7
2.2 Pandan Duri (<i>Pandanus Tectorius</i>)	8

2.3	Pandan Bali (<i>Cordyline Australis</i>)	10
2.4	Uji Tarik	10
2.5	Resin Poliester	12
2.6	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	14
2.7	Mikroskop Optik	15
III.	METODE PENELITIAN	17
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2	Alat dan Bahan	17
3.3	Prosedur Penelitian.....	17
3.3.1	Studi Literatur	18
3.3.2	Persiapan Serat	18
3.3.3	Proses Pencetakan Komposit	18
3.3.4	Pengujian dan Pengelolaan Data.....	19
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	21
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Hasil Pengujian Kuat Tarik	23
4.2	Hasil Analisis <i>Optical Microscopy</i> (OM)	28
4.3	Hasil Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> (SEM – EDX)	30
V.	SIMPULAN DAN SARAN	40
5.1	Simpulan.....	40
5.2	Saran	41
	DAFTAR PUSTAKA	42
	LAMPIRAN	46

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pandan Wangi (<i>Pandanus Amaryllifolius</i>).....	7
Gambar 2.2 Pandan Duri (<i>Pandanus Tectorius</i>).....	9
Gambar 2.3 Pandan Bali (<i>Cordyline Australis</i>).....	10
Gambar 2.4 Mesin Uji Tarik (<i>MTS Landmark</i>).....	11
Gambar 2.5 Resin Poliester.....	13
Gambar 2.6 SEM EDX.....	15
Gambar 2.7 Mikroskop Optik.....	16
Gambar 3.1 Proses Pengujian Tarik, a). Spesimen sebelum mengalami deformasi dan b). Spesimen setelah mengalami deformasi atau patah.....	20
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	22
Gambar 4.1 Grafik Uji Tarik Serat Pandan Duri.....	24
Gambar 4.2 Grafik Uji Tarik Serat Pandan Bali.....	24
Gambar 4.3 Grafik Uji Tarik Serat Pandan Wangi.....	25
Gambar 4.4 Grafik Uji Tarik Non Serat.....	25
Gambar 4.5 Hasil Karakterisasi OM (a) Serat Pandan Duri (b) Serat Pandan Bali (c) Serat Pandan Wangi (d) Non Serat. Skala 1 bar = 200 μm	27
Gambar 4.6 Hasil SEM komposit Serat Pandan Bali setelah Pengujian Tarik Pembesaran 300x. Skala 1 bar = 100 μm	29
Gambar 4.7 Hasil SEM komposit Serat Pandan Bali setelah Pengujian Tarik Pembesaran 5.000x. Skala 1 bar = 5 μm	30

Gambar 4.8	Hasil SEM Komposit Serat Pandan Bali setelah Pengujian Tarik Pembesaran 10.000x. Skala 1 bar = 2 μm	30
Gambar 4.9	Hasil Karakterisasi SEM-EDX Komposit Serat Pandan Bali. Skala 1 bar = 5 μm	31
Gambar 4.10	Hasil karakterisasi SEM pada spesimen non serat perbesaran, a). 250x, b). 500x, c). 1.000x dan d). 2.500x.....	34
Gambar 4.11	Hasil Karakterisasi SEM-EDX Pada Spesimen Non Serat. Skala 1 bar = 20 μm	35

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Mekanik Poliester.....	13
Tabel 2.2 Komposisi Unsur Komposit Pandan Bali pada daerah 1.....	31
Tabel 2.3 Komposisi Unsur Komposit Pandan Bali pada daerah 2.....	32
Tabel 2.4 Komposisi Unsur Komposit Pandan Bali pada daerah 3.....	33
Tabel 2.5 Komposisi Unsur Komposit Non Serat pada daerah 1.....	36
Tabel 2.6 Komposisi Unsur Komposit Non Serat pada daerah 2.....	36
Tabel 2.7 Komposisi Unsur Komposit Non Serat pada daerah 3.....	37

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berjalannya waktu dalam dunia material manusia telah melakukan beberapa inovasi di dalam penggunaan teknik material komposit untuk mendapatkan material yang memiliki kualitas lebih baik dari material yang ada. Kemajuan dalam pemahaman suatu jenis material sering kali menjadi cikal bakal kemajuan teknologi secara bertahap. Penggunaan komposit sebagai bahan struktural telah menjadi semakin umum karena kombinasi kekuatan dan ringan yang unik (William & Rethwisch, 2010).

Komposit adalah campuran dari dua atau lebih bahan dengan sifat fisik dan kimia yang berbeda untuk mendapatkan sifat material baru dengan mencampur bahan-bahan tersebut. Bahan terpisah yang digabungkan dalam suatu unit struktural biasanya terbuat dari berbagai kombinasi tiga bahan lainnya (Gibson, 2012). Bahan komposit terdiri dari serat atau pengisi (partikel serbuk) yang bertindak sebagai penguat dengan pencampuran matriks yang digunakan untuk mengikat serat atau pengisi. Material komposit biasanya terdiri dari dua komponen, yaitu serat (*fiber*) sebagai pengisi dan material yang mengikat serat yang disebut matriks (Okariawan *et al.*, 2016). Tujuan pembuatan komposit adalah untuk meningkatkan sifat mekanik atau sifat spesifik tertentu, menyederhanakan desain manufaktur yang sulit, memberikan fleksibilitas bentuk atau desain yang dapat mengurangi biaya produksi serta bahan yang ringan (Utama & Zakiyya, 2016).

Penggunaan serat alam lebih banyak digunakan dalam pencampuran bahan komposit dibandingkan dengan sintesis serat. Serat alam adalah serat yang diperoleh dari tumbuhan atau organisme hidup di lingkungan sekitar dan dapat dikultur lebih lanjut untuk digunakan dalam bahan komposit. Serat alam memiliki

massa jenis yang rendah dan terdiri dari banyak sel, sehingga memiliki ketahanan panas dan sifatnya lebih unggul dari serat kaca (*fiberglass*) (Cristaldi *et al.*, 2010).

Penelitian tentang tegangan *pullout* dan perekaan permukaan pada serat daun pandan duri (*pandanus tectorius*) dengan resin poliester dilakukan oleh (Riyanto *et al.*, 2019). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan gambar mikro serat daun pandan duri dengan perlakuan perendaman air laut. Serta melakukan pengujian *pull out* untuk mengetahui tegangan geser serat menggunakan matrik resin *polyester*. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan perendaman air laut dapat meningkatkan sifat mekanik kuat tarik, namun waktu yang lama perendaman kuat tarik akan menurun. Hasil dari pengujian tarik serat tunggal daun pandan duri tanpa perlakuan perendaman air laut menunjukkan nilai kuat tarik 13,39 MPa dan kuat tarik tertinggi dihasilkan selama proses perlakuan perendaman selama 2 minggu yaitu sebesar 28,65 MPa, sedangkan pada waktu perendaman 3 dan 4 minggu kekuatannya menurun menjadi 24,43 MPa hingga 18,96 MPa, hal tersebut disebabkan adanya penyerapan air laut kedalam serat, sehingga diameter serat meningkat secara signifikan.

Dalam analisis mikrostruktur, perubahan sifat permukaan serat antara serat tanpa perlakuan perendaman dengan perlakuan perendaman air laut, mulai dari warna serat yang berubah hingga terlihat celah antara sub seratnya. Serat daun pandan duri mempunyai kompatibilitas yang sangat bagus dengan resin *polyester*, karena hasil dari pengujian *pull out* dan kerapatan serat dan matrik, serat yang direndam air laut selama 2 minggu mempunyai nilai tegangan geser 1,33 MPa, dikarenakan pada serat perendaman 2 minggu memiliki ikatan yang bagus antara serat dan resin, seperti hasil foto mikro kerapatan serat perendaman air laut 2 minggu yang menunjukkan adanya resin yang masuk ke serat tersebut karena hilangnya kulit serat yang ada pada permukaan serat dan batas serat tampak tidak rata (Riyanto *et al.*, 2019).

Penelitian uji ketangguhan serat pandan berdasarkan orientasi sudut serat sebagai material alternatif *bumper* mobil juga dilakukan oleh (Pambudi, 2020). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan uji ketangguhan pada serat daun pandan sebagai material alternatif *bumper* mobil. Berdasarkan penelitian yang telah

dilakukan, hasil uji ketangguhan yang dilakukan menunjukkan bahwa spesimen komposit sampel A memiliki nilai uji ketangguhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen komposit lainnya yaitu mempunyai nilai rata-rata nilai energi serap 0,44 J dan nilai kekuatan tangguh 0,0124 J/mm². Sedangkan nilai uji ketangguhan terendah diperoleh pada sampel D dengan nilai rata-rata energi serap 0,42 J dan nilai kekuatan tangguh 0,0114 J/mm². Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengujian ketangguhan yang diperoleh dipengaruhi oleh arah sudut susunan serat. Semakin rendah arah susunan sudut serat maka nilai ujinya semakin tinggi dibandingkan dengan sampel komposit lainnya, karena pada spesimen komposit sampel A memiliki variasi orientasi susunan sudut serat (0°/0°/0°/0°), sedangkan pada spesimen komposit sampel D memiliki variasi orientasi susunan sudut serat (0°/+90°/0° /+90°) sehingga nilai hasil uji ketangguhan yang diperoleh lebih rendah. Berdasarkan hasil keseluruhan yang diperoleh, nilai ketangguhan komposit serat pandan duri dengan variasi orientasi susunan sudut serat belum dapat melebihi nilai ketangguhan dari bumper mobil pada penelitian ini. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut lagi agar nilai ketangguhan yang diperoleh dari komposit serat pandan duri dapat melebihi nilai yang diperoleh dari ketangguhan mobil sehingga serat pandan duri dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk pembuatan *bumper* mobil.

Penelitian terkait pengaruh arah serat komposit pandan duri dengan matriks poliester terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak untuk aplikasi *body* kendaraan motor juga dilakukan oleh (Sunardi *et al.*, 2014). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh arah serat pada komposit daun pandan duri terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak yang diaplikasikan untuk *body* motor. Serat yang digunakan adalah serat daun pandan duri dengan matriks resin poliester dan *filler* serbuk aluminium. Arah serat yang digunakan horizontal, vertikal, acak, dan *cross*. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposit dengan orientasi serat vertikal yaitu sebesar 20,741 N/mm². Sedangkan kekuatan tarik terkecil diperoleh pada komposit dengan orientasi serat horizontal yaitu sebesar 17,955 N/mm². Untuk kekuatan tarik komposit arah serat acak dan *cross* secara berurut adalah 18,716 N/mm² dan 19,285 N/mm². Sedangkan kekuatan impak terbesar diperoleh pada komposit dengan

orientasi serat vertikal yaitu sebesar 0,37 *Joule*. Sedangkan nilai kekuatan impak terkecil diperoleh pada komposit dengan orientasi serat horizontal yaitu sebesar 0,23 *Joule*.

Penelitian uji mekanik pada serat pandan duri dengan menggunakan matriks poliester juga sudah dilakukan oleh (Muhammad & Putra, 2017). Tujuan dari dilakukannya penelitian tersebut adalah untuk memperoleh nilai kekuatan tarik optimal dari komposit berpenguat serat pandan duri dan resin poliester melalui perbandingan komposisi metoda fraksi berat. Adapun perbandingannya yaitu komposisi 40:60% resin dan serat, 50:50% resin dan serat dan komposisi 30:70% resin dan serat. Setelah dilakukan penelitian dapat disimpulkan bahwa hasil yang diperoleh dari 3 variasi komposisi fraksi berat dan susunan serat diperoleh hasil dengan nilai tertinggi pada variasi berat 40% serat : 60% resin dengan beban maksimal 43,87 Kgf/mm² dan kekuatan tegangan tarik diperoleh sebesar 0,45 Kgf/mm². Sedangkan untuk hasil terendah diperoleh pada komposisi serat 30% : 70% resin dengan beban 33,08 Kgf/mm² dan kekuatan tarik 0,33 Kgf/mm².

Ada banyak jenis daun pandan, namun hanya beberapa jenis yang memiliki serat alam dengan sifat tahan lama, termasuk Pandan Duri (*Pandanus Tectorius*), Pandan Wangi (*Pandanus Ammaryllifolius*) dan Pandan Bali (*Cordyline Australis*). Kombinasi serat dari ketiga jenis pandan tersebut dalam bentuk komposit dengan matriks resin poliester menjadi topik menarik untuk diangkat dalam penelitian ini. Penggunaan matriks poliester sebagai penguat memungkinkan eksplorasi material yang lebih ringan, kuat, dan tahan korosi.

Berdasarkan pemaparan di atas, penulis melakukan penelitian ini dengan parameter ketiga pandan tersebut diawali dengan memberikan perlakuan perendaman daun pandan atau hidrolisis yang bertujuan mengubah sifat serat, seperti mengurangi lignin dan selulosa, serta meningkatkan kekuatan tariknya untuk selanjutnya dikombinasikan dengan resin poliester. Adapun karakterisasi komposit daun pandan dalam penelitian ini adalah analisis kekuatan tarik komposit menggunakan alat uji tarik (*MTS Landmark*) untuk mengetahui kuat tariknya, selanjutnya dikarakterisasi menggunakan *Optical Microscopy* dan *Scanning Electron Microscopy* untuk menganalisis struktur mikro pada komposit serat pandan. Oleh

karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan kontribusi pada pengembangan bahan material yang tidak hanya berkinerja tinggi tetapi juga ramah lingkungan, memberikan informasi terkait variasi kekuatan tarik komposit serat daun pandan dan struktur mikroskopis untuk melihat distribusi serat pada komposit.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbedaan karakteristik kekuatan tarik pada komposit Pandan Wangi (*Pandanus Ammaryllifolius*), Pandan Bali (*Cordyline Australis*), dan Pandan Duri (*Pandanus Tectorius*) dengan matriks resin poliester?
2. Apakah variasi serat pandan pada komposit mempengaruhi performa kekuatan tariknya?
3. Bagaimana struktur mikro dan distribusi penyebaran serat serta distribusi elemen pada permukaan komposit dengan matriks poliester.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini menggunakan Pandan Wangi (*Pandanus Ammaryllifolius*), Pandan Bali (*Cordyline Australis*) dan Pandan Duri (*Pandanus Tectorius*). yang diambil 1/2 bagian dari pangkal daun sebagai bahan dasar serat (*fiber*) komposit dengan matriks resin poliester sebagai bahan pengikat.
2. Daun pandan yang diambil dicatat lintang dan bujur tempat pengambilan dilakukan untuk memberikan informasi detail parameter yang digunakan.
3. Serat diberi perlakuan dengan perendaman air selama 25 hari.
4. Serat yang digunakan memanjang (*continuous*) dengan ketentuan panjang serat 20-30 cm.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian pada penelitian ini adalah:

1. Menganalisis perbedaan karakteristik kekuatan tarik pada komposit Pandan Wangi (*Pandanus Ammaryllifolius*), Pandan Bali (*Cordyline Australis*) dan Pandan Duri (*Pandanus Tectorius*) dengan matriks resin poliester.
2. Menganalisis pengaruh variasi komposit serat terhadap performa kekuatan tariknya.
3. Mengidentifikasi struktur mikroskopis dan melihat penyebaran serat pada matriks serta distribusi elemen pada komposit.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat diantaranya:

1. Sebagai informasi ilmiah terkait pembuatan komposit berbasis serat alam dari daun Pandan Wangi, Pandan Bali dan Pandan Duri menggunakan metode perendaman dengan matriks resin poliester.
2. Sebagai literatur mengenai pemanfaatan serat pandan sebagai penguat komposit.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pandan Wangi (*Pandanus Amaryllifolius*)

Pandan wangi adalah tanaman yang tumbuh di daerah tropis, seperti Indonesia. Daun tumbuhan ini memainkan peran penting dalam tradisi kuliner Indonesia. Masyarakat Indonesia menyebutnya daun pandan, lebih lanjut tumbuhan ini mudah dikultur atau dibudidayakan. Dengan nama latin *Pandanus Amaryllifolius*, tumbuhan ini merupakan tumbuhan monokotil. Memiliki ciri batang bercabang, akar serabut dan daun yang memanjang dengan tepi bergerigi, mempunyai ukuran yang bervariasi, mulai dari 50 cm hingga 5 meter (Nurul, 2021). Pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius Roxb*) mengandung senyawa polifenol yang mempunyai aktivitas antiosidatif dan hipoglisemik, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyusun produk pangan fungsional (Setyowati *et al.*, 2017). Gambar 2.1 menunjukkan pohon pandan wangi.



Gambar 2.1 Pandan Wangi (*Pandanus Amaryllifolius*) (dokumen pribadi)

Pandan wangi tumbuh di daerah tropis dan banyak ditanam di halaman atau di kebun. Pandan wangi kadang tumbuh liar dengan subur di tepi sungai, tepi rawa maupun semak-semak.

Perbanyak dengan pemisahan tunas-tunas muda, yang tumbuh di antara akar-akarnya. Pandan Wangi (*Pandanus Amaryllifolius*) adalah kelompok tempat yang agak lembab.

Pandan wangi mengandung berbagai senyawa kimia yang bermanfaat, seperti alkaloid, flavonoid, tanin dan saponin. Selain itu daun ini mengandung zat pewarna alami dan senyawa aromatik seperti 2-asetil-1-pirolin, yang memberikan aroma khas. Komponen ini juga sering digunakan sebagai bahan alami dalam berbagai produk makanan dan minuman. Daun pandan wangi juga memiliki manfaat dalam bidang kesehatan tradisional, dengan ekstrak daunnya dipercaya memiliki sifat antioksidan, antidiabetik dan antikanker. Selain dalam kuliner dan pengobatan, pandan wangi juga memiliki fungsi dalam aplikasi teknis, khususnya sebagai bahan penguat dalam komposit alami. Struktur serat pada daun pandan wangi dapat dimanfaatkan dalam material komposit, terutama dalam kombinasi serat dengan resin atau polimer sintetis. Serat daun pandan yang memiliki kekuatan tarik yang cukup baik dapat dikembangkan sebagai alternatif ramah lingkungan dalam berbagai aplikasi industri. Beberapa penelitian telah dilakukan terkait pemanfaatan pandan wangi dalam berbagai bidang. Penelitian mengenai sifat fisik dan kimiawi daun pandan wangi menunjukkan bahwa kandungan serat dan sifat mekaniknya memungkinkan untuk digunakan dalam teknologi material, terutama dalam pembuatan komposit serat alami. Selain itu, kajian mengenai potensi daun pandan sebagai bahan tambahan dalam produk kesehatan dan kecantikan juga terus berkembang (Saras, 2023).

2.2 Pandan Duri (*Pandanus Tectorius*)

Pandan Duri (*Pandanus Tectorius*) adalah tanaman dari jenis *pandanaceae*, tumbuh liar dan memiliki fisik bentuk daun dengan duri di kedua sisi, ujung runcing segitiga dan warna daun hijau atau hijau terang. Pohon pandan duri sudah lama dikenal oleh masyarakat pesisir Pantai sebagai pohon yang mempunyai banyak manfaat. Hampir semua bagian pohon ini dapat dimanfaatkan, seperti bagian daun, akar, serabut dan buah. Salah satu bagian yang paling banyak dimanfaatkan adalah daunnya yaitu sebagai bahan baku anyaman tikar dan topi. Tanaman pandan duri terdiri dari

batang, daun, bunga, buah, biji, dan akar, yang merupakan salah satu jenis tanaman semak, perdu atau pohon dengan batang berupa liana dengan batang-batang memanjat yang mempunyai tinggi sekitar 11 m (Tjiitrosoepomo, 2007). Gambar 2.2 menunjukkan pohon pandan duri.



Gambar 2.2 Pandan Duri (*Pandanus Tectorius*) (dokumen pribadi)

Daun pandan duri banyak digunakan untuk pembuatan kerajinan tangan berupa gerabah karena serat dari pandan duri memiliki sifat yang kuat dan elastis (Harahap & Purba, 2014). Pandan duri (*Pandanus Tectorius*) umumnya merupakan pohon atau semak yang tegak, tinggi 3-7 m, bercabang, kadang-kadang batang berduri, dengan akar tunjang sekitar pangkal batang. Daun umumnya besar, panjang 2-3 m, lebar 8-12 cm; ujung daun segitiga lancip-lancip; tepi daun dan ibu tulang daun bagian bawah berduri, tekstur daun berkilin, berwarna hijau muda-hijau tua. Bunga jantan dan betina terdapat pada tumbuhan yang berbeda. Buah letaknya terminal lateral, soliter atau berbentuk bulir atau malai yang besar (Rahayu & Handayani, 2008). Serat daun pandan duri merupakan alternatif serat alami dalam produksi material komposit dan Penggunaan terus dikembangkan untuk menghasilkan material komposit yang lebih sempurna di masa depan. Serabut daun pandan diperoleh dengan cara menguraikan daun pandan, sehingga seratnya dapat dengan mudah pisah dari bagian lain daun. Serabut daun pandan yang digunakan dalam penelitian berfungsi sebagai bahan penguat dalam pembuatan bahan komposit. Kepadatan serat daun pandan adalah $0,96 \text{ g/cm}^3$ (Salahudin, 2012).

2.3 Pandan Bali (*Cordyline Australis*)

Pohon Pandan Bali (*Cordyline Australis*) merupakan salah satu jenis tumbuhan endemik Selandia Baru yang kini banyak ditemukan di wilayah timur Indonesia. Gambar 2.3 menunjukkan pohon pandan bali.



Gambar 2.3 Pandan Bali (*Cordyline Australis*) (dokumen pribadi)

Tanaman ini memiliki daun yang panjang dan batang tunggal yang tinggi. Di Selandia Baru, dari tahun 46 hingga 50 SM, suku Maori menggunakan Pandan Bali (*cordyline australis*) untuk tali jangkar, tali pancing, dan keperluan lainnya. Penggunaan *cordyline australis* memiliki kelebihan yaitu tahan air, mudah didapat, tahan terhadap air laut, mudah diolah dalam keadaan mentah, dan lebih tahan lama dibandingkan serat rami yang banyak digunakan oleh masyarakat Maori pada masa itu. Serat Pandan Duri mempunyai nilai ekonomi yang tinggi dan dapat digunakan untuk menggantikan serat sintetis yang digunakan untuk pembuatan bodi mobil dan bilah turbin angin (Yono, 2016).

2.4 Uji Tarik

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara

terus menerus sampai putus. Hasil uji tarik tersebut mencatat fenomena hubungan tegangan regangan yang terjadi selama proses uji tarik dilakukan. Pembuatan pemodelan dari obyek pengujian tarik menerangkan bahwa data pembebanan dan perpanjangan hasil pengujian tarik dapat disimulasikan untuk menentukan kekuatan material. Pemodelan dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak berdasarkan informasi pada mesin uji tarik sehingga nantinya akan diperoleh kekuatan material teknis dan material sejati berdasarkan data pembebanan dan perpanjangan hasil pengujian tarik pada benda uji (Salindeho *et al.*, 2013).



Gambar 2.4 Mesin Uji Tarik merk *MTS Landmark* (dokumen pribadi)

Kekuatan tarik suatu material dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1).

$$\sigma_{maks} = \frac{F_{maks}}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan σ_{maks} sebagai kuat tarik (N/m^2 atau Pa), F_{maks} sebagai gaya maksimum sebelum patah dan A sebagai luas penampang.

Regangan (*strain*) adalah perbandingan antara perubahan panjang material dengan panjang awalnya. Regangan bisa dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan ε sebagai regangan (tanpa satuan), ΔL sebagai perubahan panjang (m) dan L_0 sebagai panjang awal (m)

Selanjutnya Modulus Young (Modulus Tarik) adalah perbandingan antara tegangan dan regangan dalam batas elastis material. Modulus Young diperoleh dari kemiringan grafik tegangan-regangan di daerah elastis (bagian linier pertama pada grafik) atau menggunakan perbandingan (2.3).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan E sebagai *modulus young* (N/m² atau Pa), σ sebagai tegangan (N/m² atau Pa) dan ε sebagai regangan (tanpa satuan).

dengan substitusi tegangan dan regangan, rumus ini dapat ditulis sebagai:

$$E = \frac{F.L_0}{A.\Delta L} \dots \dots \dots (2.4)$$

Elongasi dapat dihitung menggunakan rumus persen sebagai berikut:

$$\% \varepsilon = \left(\frac{\Delta L}{L_0} \right) \times 100 \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan $\% \varepsilon$ sebagai elongasi (%), ΔL sebagai perubahan panjang (m) dan L_0 sebagai panjang awal (m).

2.5 Resin Poliester

Resin Poliester merupakan jenis resin *termoset* dan umumnya sering disebut poliester saja. Resin ini berbentuk cairan dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penambahan *katalis* tanpa menghasilkan gas selama proses pengawetan atau pengerasan (Fahmi & Hermansyah, 2011). Resin ini memiliki kemampuan berikatan baik dengan serat alam tanpa menimbulkan reaksi atau gas. Penambahan resin dimaksudkan untuk memperkuat ikatan (ikatan

mekanis) antara serat dan matriks dan komponen komposit lainnya (Simanjuntak, 2013). Resin untuk pelapis harus mampu bertransformasi menjadi bentuk yang siap diaplikasikan seperti larutan dalam pelarut organik, larutan atau dispersi dalam air, dispersi non air dan *aerosol*. Selanjutnya lapisan tersebut akan mengering dan mengeras (Poth, 2020). Seperti pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Resin Poliester (website resmi resin pro e-Bay UK)

Sifat-sifat mekanik poliester ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Poliester (Nusyirwan *et al.*, 2019).

Item	Satuan	Nilai
<i>Tensile Strength</i>	MPa	20-100
<i>Tensile Modulus</i>	GPa	2,1-4,1
<i>Ultimate Strain</i>	%	1-6
<i>Density</i>	g/cm ³	1,0-1,45
T_g	°C	100-140
CTE	10 ⁻⁶ /°C	55-100
<i>Cure Shrinkage</i>	%	5-12

Ada beberapa sifat dari poliester diantaranya adalah poliester memiliki kekuatan tarik yang cukup baik, resistensi terhadap regangan, memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan lumut (jamur), memiliki ketahanan *abrasi* yang sangat baik, perawatan mudah, anti air dan sifat cepat keringnya sangat baik. Dengan penambahan resin poliester pada bahan alam material tersebut mampu menahan kekuatan retak yang baik sehingga bagus dan sangat berguna untuk aplikasi teknik (Hizhar & Nusyirwan, 2023).

2.6 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan alat yang digunakan untuk memvisualisasikan permukaan sampel dengan resolusi tinggi melalui interaksi antara elektron dengan materi. Selain menghasilkan gambar dengan resolusi tinggi, SEM juga mampu melakukan analisis komposisi kimia permukaan sampel melalui deteksi sinar-X yang dihasilkan selama interaksi elektron dengan atom. Komponen utama alat SEM ini adalah tiga pasang lensa elektromagnetik yang pertama Fokus berkas elektron ke titik kecil, kemudian dua pasang kumparan pemindaian frekuensi variabel memindai permukaan sampel. Semakin kecil fokus sinar, semakin tinggi resolusi lateral yang dicapai. Kesalahan fisika pada lensa-lensa elektromagnetik berupa astigmatismus dikoreksi oleh perangkat stigmator. SEM tidak memiliki sistem koreksi untuk kesalahan aberasi lainnya. Yang kedua adalah sumber elektron, biasanya berupa filamen dari bahan kawat tungsten atau berupa jarum dari paduan Lantanum *Hexaboride LaB6* atau *Cerium Hexaboride CeB6*, yang dapat menyediakan berkas elektron yang teoretis memiliki energi tunggal (monokromatik), Ketiga adalah *imaging detector*, yang berfungsi mengubah sinyal elektron menjadi gambar/image. Sesuai dengan jenis elektronnya, terdapat dua jenis detektor dalam SEM ini, yaitu detektor secondary electron (SE) dan detektor backscattered electron (BSE) (Smith & Oatley, 1955).

Untuk menghindari gangguan dari molekul udara terhadap berkas elektron, seluruh jalur elektron (column) divakum hingga 10^{-6} torr. Tetapi kevakuman yang tinggi menyebabkan naiknya sensitifitas pendeteksian alat terhadap non-konduktifitas, yang menyulitkan analisis pada bahan-bahan non-konduktif, seperti keramik dan oksida. Untuk mengatasi hal tersebut SEM ini memiliki opsi untuk dapat dioperasikan dengan vakum rendah, yang disebut *Low-Vacuum Mode*. Dengan teknik *low vacuum* kita dapat menganalisis bahan yang non konduktif sekalipun (Smith & Oatley, 1955).

Alat *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDX) ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.6 SEM EDX (Universitas Indonesia)

Prinsip kerja SEM dimulai ketika sebuah sinar elektron ditembakkan dari *electron gun* (sumber elektron) yang kemudian difokuskan menggunakan lensa elektromagnetik untuk membentuk berkas tipis. Berkas elektron ini dipindahkan secara sistematis diatas permukaan sampel dengan bantuan sistem defleksi. Ketika berkas elektron ini mengenai sampel, terjadi interaksi antara elektron dengan atom-atom di permukaan yang menyebabkan keluarnya elektron sekunder, elektron balik (*backscattered electrons*) serta radiasi sinar-X. Elektron sekunder yang dihasilkan ini kemudian dideteksi oleh detektor khusus untuk menghasilkan gambar topografi permukaan sampel. Gambar yang dihasilkan memiliki kontras tinggi, sehingga sangat berguna untuk analisis morfologi material pada skala mikroskopis (Cosslett & Nixon, 1960).

2.7 Mikroskop Optik

Mikroskop optik merupakan alat yang digunakan untuk melihat benda yang berukuran sangat kecil. Sejarah ditemukannya mikroskop sejalan dengan penelitian terhadap mikrobiologi. Mikroskop pertama kali ditemukan pada abad ke-16. Mikroskop berasal dari kata "smaller scale" yang berarti kecil dan "skopium" yang berarti penglihatan, yang digunakan untuk melihat benda yang berukuran sangat kecil. Mikroskop optik terdiri atas dua jenis, yaitu mikroskop biologi dan mikroskop stereo. Mikroskop biologi digunakan untuk pengamatan benda tipis transparan, sedangkan mikroskop stereo digunakan untuk pengamatan benda-benda

yang tidak terlalu besar, transparan atau tidak. Mikroskop biologi ini umumnya mempunyai lensa okuler dan lensa objektif dengan kekuatan perbesaran objektif 4x dengan lensa okuler 10x, perbesaran 40x, objektif 10x dengan lensa okuler 10x, pembesaran 100x, objektif 40x dengan lensa okuler 10x, pembesaran 400x, objektif 100x dengan lensa okuler 10x, pembesaran 1000x. Cara kerja dari mikroskop optik adalah dari cahaya lampu yang dibiaskan oleh lensa kondenser, setelah melewati lensa kondenser sinar mengenai spesimen dan diteruskan oleh lensa objektif. Lensa objektif ini merupakan bagian yang paling penting dari mikroskop karena dari lensa ini dapat diketahui perbesaran yang dilakukan mikroskop. Sinar yang diteruskan oleh lensa objektif ditangkap oleh lensa okuler dan diteruskan pada mata atau kamera (Ball, 1966).



Gambar 2.7 Mikroskop Optik (dokumen pribadi)

Pengamatan citra dimulai ketika cahaya dari sumber cahaya, seperti lampu atau cermin, diarahkan melalui kondensor yang mengumpulkan dan memfokuskan cahaya ke objek yang diamati. Cahaya melewati objek dan diterima oleh lensa objektif yang memiliki peran penting dalam memperbesar gambar awal. Gambar yang diperbesar ini kemudian diteruskan melalui lensa okuler yang memberikan pembesaran tambahan sebelum mencapai mata pengamat atau sensor kamera. Lensa objektif dan okuler bekerja bersama-sama untuk memperbesar citra objek hingga beberapa ratus kali ukuran aslinya, tergantung pada perbesaran lensa yang digunakan (Murphy & Davidson, 2013).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan September 2024 yang bertempat di Laboratorium Fisika Material Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Pengujian kuat tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. Karakterisasi OM dilakukan di Laboratorium Botani Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan karakterisasi SEM dilakukan di Laboratorium dan Pusat Penelitian ILRC (Integrated Laboratory and Research Center), Universitas Indonesia.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu pisau, cetakan standar ASTM D638, pipet volume, gelas beaker, mikroskop optik merk Olympus CX23 yang dibuat oleh negara Jepang tahun produksi 2015, mesin uji tarik dengan merek MTS Landmark, kapasitasitas 100 kN, Tipe U PD 10, tahun produksi 2015 dari Amerika Serikat dan SEM merk Axia dari Thermo Scientific, asal negara Amerika Serikat, tahun produksi 2022. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu serat daun pandan (pandan duri, pandan bali dan pandan wangi), resin poliester ($C_6H_5CH=CH_2$) dan katalis Merk dari eBay UK.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan adalah:

1. Studi literatur.
2. Pembuatan spesimen komposit.
3. Proses pencetakan komposit
4. Pengujian dan pengelolaan data

3.3.1 Studi Literatur

Penelitian ini diawali dengan melakukan pengumpulan data sebagai literatur. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah yang dihadapi, serta merancang rencana kerja yang akan dilakukan, pada proses awal dilakukan investigasi dari berbagai sumber terpercaya yang berhubungan dengan penelitian, serta mengambil data- data yang terkait dengan penelitian sebagai acuan pembandingan terhadap hasil pengujian yang akan dianalisis.

3.3.2 Persiapan Serat

Pada awal proses pengerjaan, hal pertama yang dilakukan adalah melakukan pengambilan daun pandan yang akan digunakan dalam kombinasi sebagai penguat komposit, pemilihan daun pandan yang baik menjadi kunci untuk mendapatkan serat yang optimal, setelah daun pandan didapatkan kemudian daun dipotong dengan ukuran 20-30 cm lalu dicuci. Tahap selanjutnya daun pandan direndam selama 25 hari, setelah 25 hari perendaman bisa dilakukan pengikisan untuk mendapatkan serat. Serat yang diambil harus benar-benar bersih dari kulit serat atau epidermis serat. Serat yang bersih akan membantu mencapai *adhesi* yang baik antara serat pandan dan matriks *polyester*. Setelah serat didapatkan, serat kemudian dijemur dibawah matahari selama 10 jam (terhitung dari pukul 07.00-17.00), tujuan dilakukan pengeringan adalah untuk menghilangkan uap air yang terkandung dalam serat daun pandan.

3.3.3 Proses Pencetakan Komposit

Setelah semua alat dan bahan telah siap, tahapan berikutnya adalah pencetakan komposit. Langkah awal yang dilakukan pada proses ini adalah mengatur komposisi resin dan katalis, adapun perbandingannya adalah 10:0,2 yaitu 10 ml resin dan 0,2 ml katalis. Setelah itu resin dan katalis diaduk hingga hangat tanpa menimbulkan buih karena buih yang terdapat di dalam spesimen nantinya akan menimbulkan cacat spesimen dan menghasilkan kekuatan uji tarik yang tidak maksimal. Selanjutnya resin dicetak menggunakan standar ASTM D638 lalu didiamkan hingga mengeras dalam suhu ruang, setelah mengeras serat pandan dijalin horizontal mengikuti pola cetakan ASTM D638 kemudian dituang kembali

resin dan didiamkan pada suhu ruang hingga mengeras. Adapun setiap spesimen komposit memiliki jumlah 10 helai serat dengan ketebalan 6 mm.

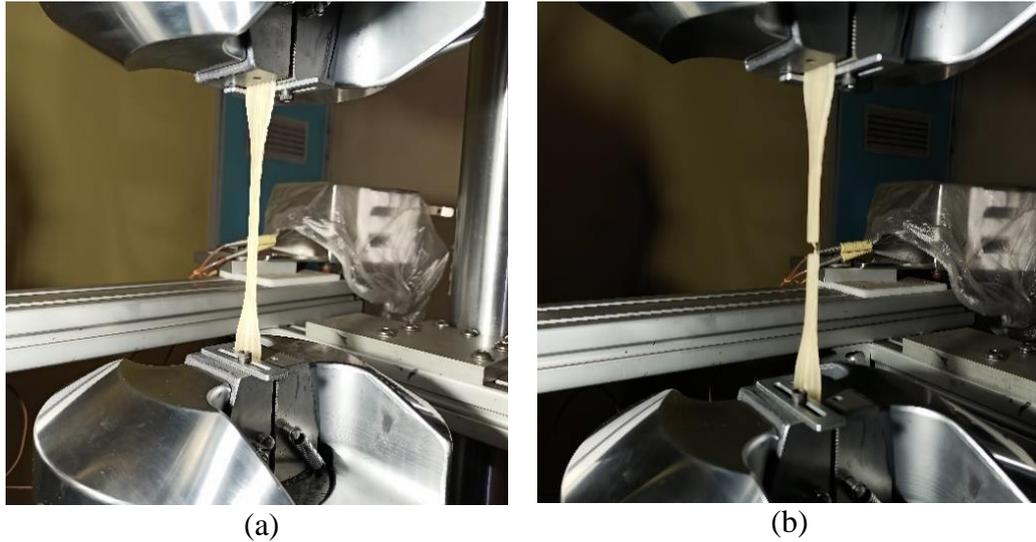
3.3.4 Pengujian dan Pengelolaan Data

Dalam penelitian ini, pengujian yang dilakukan meliputi 2 aspek utama yaitu uji mekanik serta uji struktur dan morfologi. Uji mekanik dilakukan dengan metode uji tarik untuk mengevaluasi kekuatan tarik komposit yang digunakan, guna mengetahui seberapa besar material mampu menahan gaya sebelum mengalami kerusakan. Selain itu dilakukan pula uji struktur dan morfologi material dengan menggunakan OM dan SEM. Pengujian ini bertujuan untuk mengamati dan menganalisis struktur permukaan serta mikrostruktur komposit secara lebih rinci, sehingga dapat diperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai struktur material dan sifat mekaniknya.

a. Uji Mekanik

1. Uji Tarik

Uji tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat dari suatu bahan material. Dalam uji ini spesimen material ditarik dengan gaya yang meningkat secara bertahap hingga material tersebut mengalami deformasi atau patah. Tujuan utama dari uji tarik adalah untuk menentukan sifat mekanik material, seperti kuat tarik (*tensile strength*), regangan (*strain*) dan modulus elastisitas (*young's modulus*). Proses uji tarik dimulai dengan memasang spesimen material pada mesin uji tarik yang dilengkapi dengan dua rahang yang menarik material ke arah berlawanan. Seiring dengan bertambahnya gaya tarik, data mengenai tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dicatat untuk membuat grafik tegangan-regangan. Dari grafik tersebut, dapat diketahui titik-titik penting seperti kuat tarik maksimum, dengan material mencapai kekuatan tertingginya sebelum mengalami kegagalan. Proses pengujian kuat tarik ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Proses Pengujian Tarik, a). Spesimen sebelum mengalami deformasi dan b). Spesimen setelah mengalami deformasi atau patah

b. Uji Struktur dan Morfologi

1. *Optical Microscopy* (OM)

Optical Microscopy adalah alat yang digunakan untuk mengamati objek kecil yang tidak bisa dilihat dengan mata telanjang, seperti sel serat atau mikrostruktur material. Dengan menggunakan cahaya tampak yang diproyeksikan melalui lensa untuk memperbesar citra objek hingga ratusan kali lipat. Dalam penggunaannya, sampel atau spesimen yang diamati diletakkan diatas kaca objek dan diterangi dengan sumber cahaya dari bawah (*transmitted light*) atau dari atas (*reflected light*). Cahaya tersebut melewati serangkaian lensa pembesar yang menghasilkan citra yang diperbesar, yang kemudian bisa diamati melalui lensa okuler. Lensa-lensa ini bekerja berdasarkan prinsip pembiasan cahaya yang memungkinkan objek kecil tampak lebih besar. Dalam penelitian ini, *Optical Microscopy* bertujuan untuk melihat karakteristik permukaan dan struktur internal material pada skala mikroskopis, seperti keberadaan serat, pola distribusi, kekasaran serta cacat-cacat kecil seperti retakan atau rongga yang mempengaruhi sifat mekanik material. meskipun tidak memiliki resolusi setinggi (*Scanning Electron Microscopy*) SEM, *Optical Microscopy* tetap penting untuk memberikan gambaran awal tentang morfologi secara cepat dan efektif.

2. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

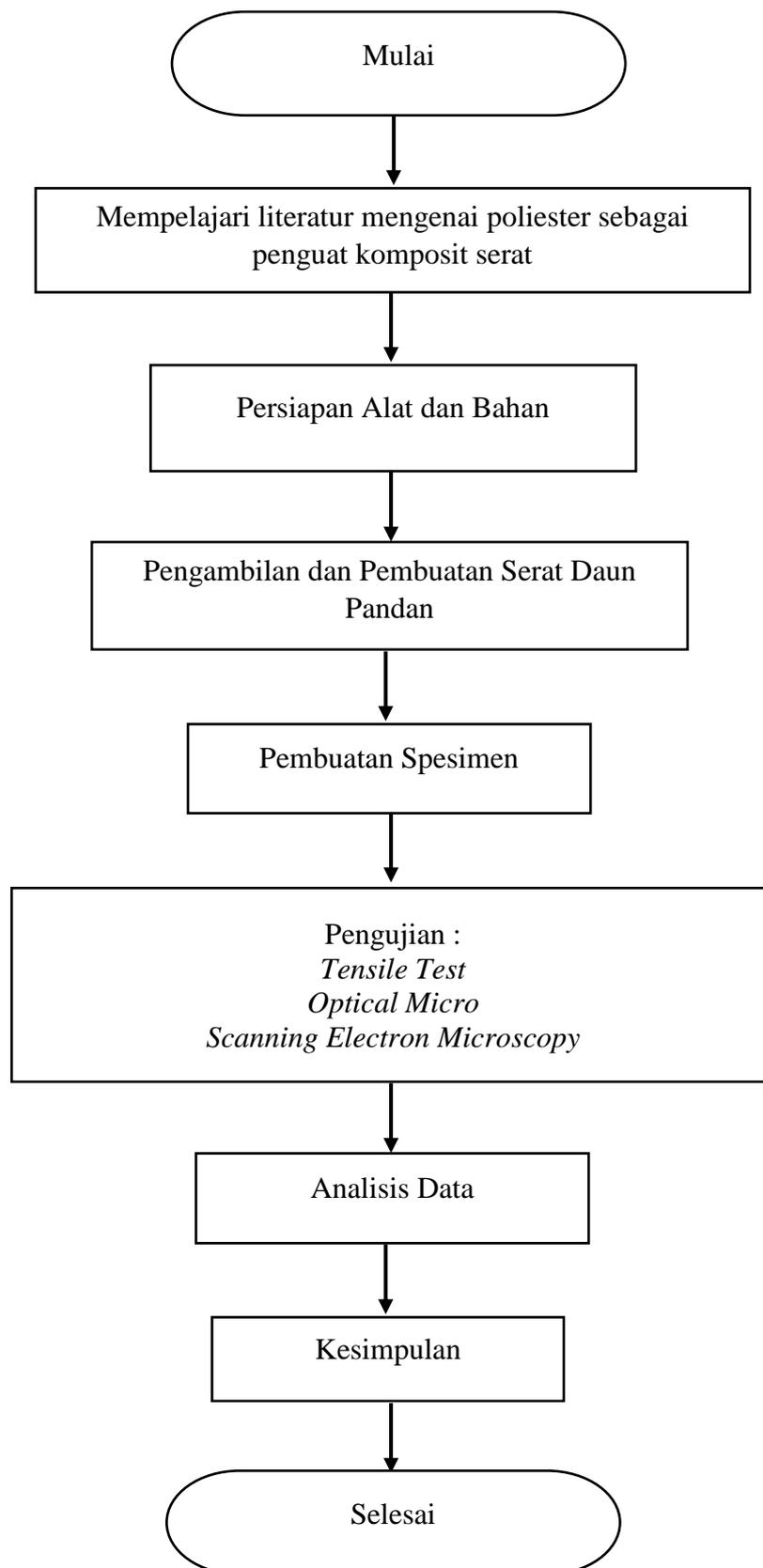
SEM adalah alat mikroskop elektron yang digunakan untuk memperbesar dan memvisualisasikan sampel dengan resolusi tinggi. Tujuannya adalah untuk menghasilkan gambar yang detail dari permukaan sampel dengan menggunakan serangkaian elektron yang dipindai di atasnya. Ini memungkinkan pengamatan yang sangat mendetail tentang struktur permukaan sampel dengan perbesaran hingga ribuan kali lipat. Dalam pengujian SEM, sampel diletakkan di ruang vakum dan berkas elektron diarahkan dengan sangat presisi ke permukaan material. Sinyal yang dihasilkan, seperti elektron sekunder dan elektron yang dipantulkan, dikumpulkan oleh detektor dan sinyal tersebut diolah menjadi gambar yang dapat memperlihatkan struktur permukaan material dengan detail yang sangat halus. SEM memungkinkan pengamatan morfologi, tekstur dan topografi material, termasuk adanya retakan, pori-pori atau cacat mikro yang tidak terlihat dengan mikroskop optik biasa.

a. *Pengelolaan Data*

Data yang diperoleh dari berbagai jenis pengujian seperti uji tarik, OM dan SEM dikumpulkan secara rinci dan sistematis. Setelah pengumpulan data langkah selanjutnya adalah pengolahan data, dengan data mentah dari uji mekanik dan morfologi akan dianalisis menggunakan metode statistik atau perangkat lunak analisis khusus seperti ImageJ. Pada uji tarik tarik, data yang diperoleh berupa tegangan regangan akan diolah untuk menghasilkan grafik tegangan-regangan yang membantu dalam mengidentifikasi kekuatan tarik dan sifat elastisitas material. Sementara itu data dari pengamatan OM dan SEM akan dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif untuk memahami struktur permukaan dan mikrostruktur material komposit. Seluruh data kemudian disajikan dalam format yang mudah difahami seperti grafik, tabel dan gambar yang memberikan gambaran visual yang jelas tentang karakteristik material.

3.4 *Diagram Alir Penelitian*

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian tarik komposit dengan serat Pandan Bali menghasilkan kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 38,28 MPa dan elongasi 250,84%, Selanjutnya Pandan Wangi dengan kekuatan tarik 21,94 MPa dan elongasi sebesar 240,35%. Komposit Pandan Duri memiliki kekuatan tarik terendah yaitu 19,23 MPa meskipun elongasinya cukup tinggi sebesar 171,68%. Sedangkan komposit non serat, meskipun memiliki kekuatan tarik yang tinggi yaitu 38,04 MPa, tetapi dengan elongasi yang sangat rendah (11,40%) menunjukkan bahwa material tersebut kurang fleksibel dan cenderung getas, sehingga mudah patah dibawah tekanan tarik.
2. Pengaruh variasi jenis serat terhadap kekuatan tarik komposit sangat terlihat. Serat Pandan Bali terbukti meningkatkan material komposit untuk menahan gaya tarik secara optimal yang ditunjukkan dengan elongasi yang tinggi dan *tensile strength* yang unggul, hal ini menunjukkan bahwa Pandan Bali lebih efektif dalam memperkuat struktur komposit, dibandingkan Pandan Wangi dan Pandan Duri.
3. Hasil analisis OM dan SEM ditemukan bahwa struktur mikro komposit menunjukkan distribusi serat yang cukup baik dalam matriks resin poliester, meskipun terdapat beberapa *voids* dan celah di beberapa area serta elemen yang dominan dalam komposit ini adalah karbon (C) dan oksigen (O).

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan metode *vaccum* atau teknik *degassing* pada saat pencetakan spesimen komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ball, C. S. 1966. The Early History of the Compound Microscopy. *Bios*. Vol 37. No. 2. Hal: 511-60
- Bowles, K. & Frimpong, S. 1999. Durability of Graphite-Fiber-Reinforced Composites Aged at Elevated Temperature. *Journal Of Composites Technology and Research*. Vol 21. No.2. Hal: 86–97.
- Cristaldi, G., Alberta, L., Giuseppe, R., & Gianluca, C. 2010. *Composites Based on Natural Fibre Fabrics* (342 Hlm). University of Catania, Department of Physical and Chemical Methodologies for Engineering. Hal. 318.
- Diana, L., Safitra, A. G., & Nabel, A. M. 2020. Analisis Kekuatan Tarik pada Material dengan Serat Penguat Polimer. *Jurnal Engine*. Vol 4. No.2. Hal: 59–67.
- Fahmi, H., & Hermansyah, H. 2011. Pengaruh Orientasi Serat pada Komposit Resin Polyester/Serat Daun Nenas terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol 1. No.1. Hal: 46-52.
- Gibson, R. F. 2012. *Principles of Composite Material Mechanics*, 3rd Ed (653 hlm). Taylor & Francis Group. LLC. Hal 3.
- Harahap, M. H., & Purba, E. Y. 2014. Pemanfaatan Serat Daun Pandan Duri sebagai Campuran Dalam Peningkatan Karakteristik Genteng Beton. *Jurnal Einstein*, Vol 2. No.2. Hal: 1–10.
- Hariyanto, A., Yuswonto, & Kuncoro, P. S. 2023. Analisis SEM (Scanning Electron Microscope) dan Foto Mikro pada Material Komposit Serat Tangkai Jagung dengan Matriks Plastik Polipropilen. *Jurnal Teknik Mesin*, Vol 3. No.1. Hal: 15–22.
- Hizhar, Y., & Nusyirwan, N. 2023. Metode Peningkatan Ketahanan Retak Resin Polyester terhadap Penambahan Serat Sekam Padi. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol 16. No.1. Hal: 72–77.
- Mishra, S., Mohanty, A. ., & Drzal, L. . 2019. Composites Materials based on Natural Fibers: The Role of Fiber-Matrix. *Journal Of Polymer Science Part*

B: Polymer Physics. Vol 48. No. 15. Hal: 1820–1825.

- Mohanty, A. ., Misra, M., & Drzal, L. . 2005. Natural Fibers, Biopolymers and Biocomposites: An Introduction. *Composites Part A: Apply Science and Manufacturing*. Vol 3. No.11. Hal: 255–276.
- Muhammad, & Putra, R. 2017. Uji Mekanik Komposit Berpenguat Serat Pandan Duri dan Resin Polyester dengan Variasi Komposisi Metoda Fraksi Berat. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. Vol. 2. No.2. Hal: 63–72.
- Murphy, D. ., & Davidson, M. . 2013. *Fundamentals of Light Microscopy and Electronic Imaging*, 2nd ed (538 hlm). Willey-Blackwell. Hal 50.
- Mwaikambo, L. ., & Ansell, M. . 2002. Chemical Modification of Hemp, Sisal, Jute and Kapok Fibers by Alkalization. *Journal Of Applied Polymer Science*. Vol 84. No. 12. Hal: 2222–2234.
- Nurul. 2021. *Metode dan Budidaya Daun Pandan*, 1st ed (58 hlm). Elementa Media. Hal 7-8.
- Nusyirwan, Abral, H., Hakim, M., & Vadia, R. 2019. The Potential of Rising Husk Fiber/Native Sago Starch Reinforced Biocomposite to Automotive Component The Potential of Rising Husk Fiber/Native Sago Starch Reinforced Biocomposite to Automotive Component. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. Vol 602. No. 1.
- Okariawan, I., Fajar, M., & Hidayatullah, S. 2016. Optimasi Kekuatan Tarik Komposit Polyester Diperkuat Serat Sisal dengan Filler Serbuk Gergaji Kayu Sengon menggunakan Metode Respon Surface. *Dinamika Teknik Mesin*. Vol 5. No.2. Hal: 83–92.
- Pambudi, R. L. 2020. *Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pandan Duri terhadap Ketangguhan Impact Komposit sebagai Material Alternatif Bumper Mobil* (59 hlm). Universitas Negeri Semarang. Hal 21.
- Poth, U. 2020. *Polyester and Alkyd Resins* (210 hlm). European Coatings Library. Hal 14-15.
- Rahayu, S., & Handayani, S. 2008. Keanekaragaman Morfologi dan Anatomi Pandanus (Pandaceae) di Jawa Barat. *Vis Vitalis*. Vol 1. No.2. Hal: 29–44.
- Riyanto, A., Respati, S., & Syafaat, I. 2019. Tegangan Pullout dan Perekaan Permukaan pada Serat Daun Pandan Duri (Pandanus Tectorius)-Resin polyester. *Momentum*. Vol 15. No.1.

- Saba, N., Jawaid, M., Alothman, O. ., & Paridah, M. . 2016. A Review on Dynamic Mechanical Properties of Natural Fibre Reinforced Polymer Composites. *Composites Part B: Engineering*. Vol 97. Hal: 58–72.
- Salahudin, X. 2012. Kaji Pengembangan Serat Daun Pandan Kabupaten Magelang sebagai Bahan Komposit Interior Mobil. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol 37. No1. Hal: 121–133.
- Salindeho, R. D., Soukotta, J., & Poeng, R. 2013. Pemodelan Pengujian Tarik untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material. *Jurnal Teknik Mesin Unsrat*. Vol 2. No.2.
- Saras, T. 2023. *Daun Pandan: Aroma dan Rasa dalam Budaya dan Kuliner* (81 hlm). Tiram Media. Hal 1-4.
- Setyowati, A., Hidayah, I. M., & Suryani, C. L. 2017. Pengaruh Variasi Jenis Pengereng terhadap Karakteristik Fisik Kimia dan Sifat Antioksidatif Tepung Daun Pandan Wangi. *Prosiding Seminar Nasional Seri 7 “Menuju Masyarakat Madani Dan Lestari.”*
- Sharma, M., Varma, M., & Gupta, S. 2018. A Review on Resent Developments in Polymer Matrix Composites. *International Journal of Polymer Science*. Vol 20. Hal: 1–12.
- Sheasby, P. ., & Pinner, R. 2001. *The Surface Treatment and Finishing of Aluminium and Its Alloys*, 6th ed (1.400 hlm). ASM International & Finishing Publication Ltd. Hal 106.
- Simanjuntak, M. P. 2013. Sifat Mekanik Komposit terhadap Fraksi Volume Serat Eceng Gondok Bermatriks Polyester. *Jurnal Einstein*. Vol 1. No.2. Hal: 76–87.
- Smith, K. C. A., & Oatley, C. W. 1955. The Scanning Electron Microscope and Its Fields of Application. *British Journal of Applied Physics*. Vol 6. No.11. Hal: 391-399.
- Sunardi, Fawaid, M., Lusiani, R., & Cahyadi. 2014. Pengaruh Arah Serat Komposit Serat Daun Pandan Duri dengan Matrik Polyester terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impak untuk Aplikasi Body Kendaraan Motor. *Jurnal Sains Dan Teknologi*. Vol 10. No.2.
- Thakur, V. ., & Thakur, M. . 2020. Recent Trends in Green and Sustainable Composites: A Review. *Materials Today*. Vol 21. No.6. Hal: 1–12.
- Utama, F. Y., & Zakiyya, H. 2016. Pengaruh Variasi Arah Serat Komposit Berpenguat Hibrida Fiberhybrid terhadap Kekuatan Tarik dan Densitas

Material Dalam Aplikasi Body Part Mobil. *Jurnal Mekanika*. Vol 15. No.2. Hal: 60–69.

William D, C. J., & Rethwisch, D. G. (2018). *Material Science and Engineering: An Introduction*, Tenth ed (855 hlm). John Wiley & Sons, Inc. Hal 192.

Yono, S. 2016. Pengembangan Komposit Serat Alam Rami dengan Core Kayu Sengon Laut untuk Aplikasi Sudu Turbin Angin. *Jurnal Sintek: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. Vol 10. No.2.