

TUGAS AKHIR

ANALISIS KEKUATAN TARIK MATERIAL KOMPOSIT POLYESTER BERPENGUAT SERAT TEBU

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MAGHDAFIQIA ARYA PRADIFTA
2207230106



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

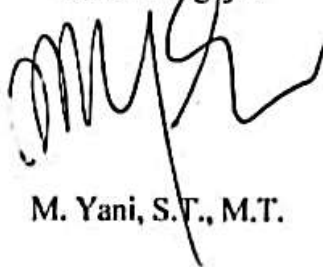
Nama : Maghdafiqia Arya Pradifta
NPM : 2207230106
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Tarik Material Komposit Polyester
Berpenguat Serat Tebu
Bidang Ilmu : Kontruksi, Material & Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Agustus 2026

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



M. Yani, S.T., M.T.

Dosen Penguji II



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

Dosen Penguji III



Iqbal Tanjung, S.T., M.T.

Ketua Program Studi Teknik Mesin,



Chandra A Siregar, S.T., M.T.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Maghdafiqia Arya Pradifta
NPM : 2207230106
Tempat/Tanggal Lahir : R. Sialang Tengah, 30 Maret 2004
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“ANALISIS KEKUATAN TARIK MATERIAL KOMPOSIT POLYESTER BERPENGUAT SERAT TEBU”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis Laporan Penelitian Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan keserjanaan saya.

Dengan surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Agustus 2026



Maghdafiqia Arya Pradifta

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pengaruh waktu perendaman serat tebu dalam larutan NaOH 5% terhadap sifat mekanik komposit polyester. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan komposisi 60% resin polyester dan 40% serat tebu. Perlakuan serat terdiri atas tanpa perlakuan alkali serta perendaman selama 1, 3, 5, 7, dan 9 jam. Spesimen dibuat berdasarkan standar ASTM E8 dan diuji tarik untuk menentukan tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan waktu perendaman NaOH 5% memengaruhi ketiga parameter mekanik tersebut dan menghasilkan kecenderungan yang tidak linier. Tegangan tarik tanpa perlakuan sebesar 6 MPa, kemudian menurun menjadi 4,6 MPa pada 1 jam, meningkat menjadi 5,5 MPa pada 3 dan 5 jam, kembali mencapai 6 MPa pada 7 jam, dan mencapai nilai tertinggi 7 MPa pada 9 jam. Regangan tarik tertinggi sebesar 0,0192 diperoleh pada perendaman 7 jam, sedangkan modulus elastisitas tertinggi sebesar 853,6 MPa diperoleh pada perendaman 9 jam dengan regangan 0,0082. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perendaman 9 jam memberikan kinerja mekanik paling optimal karena menghasilkan tegangan tarik dan modulus elastisitas tertinggi sekaligus regangan tarik terendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa perlakuan alkali pada waktu tersebut memberikan perubahan permukaan serat yang mendukung peningkatan ikatan antara serat tebu dan matriks polyester, sehingga transfer beban menjadi lebih efektif. Dengan demikian, variasi waktu perendaman merupakan faktor penting dalam menentukan karakteristik mekanik komposit polyester berpenguat serat tebu, dengan 9 jam sebagai perlakuan terbaik pada rentang variasi yang diteliti.

Kata kunci: serat tebu, NaOH 5%, komposit polyester, tegangan tarik, regangan tarik, modulus elastisitas.

ABSTRACT

This study analyzes the effect of soaking time of sugarcane fibers in a 5% NaOH solution on the mechanical properties of polyester composites. The research was carried out using an experimental method with a composition of 60% polyester resin and 40% sugarcane fibers. Fiber treatments included no alkali treatment as well as soaking for 1, 3, 5, 7, and 9 hours. Specimens were made based on ASTM E8 standards and underwent tensile testing to determine tensile strength, tensile strain, and modulus of elasticity. The results showed that changing the soaking time in 5% NaOH affected all three mechanical parameters and produced a nonlinear trend. The tensile strength without treatment was 6 MPa, then dropped to 4.6 MPa at 1 hour, increased to 5.5 MPa at 3 and 5 hours, went back to 6 MPa at 7 hours, and reached the highest value of 7 MPa at 9 hours. The highest tensile strain of 0.0192 was obtained after 7 hours of soaking, while the highest modulus of elasticity of 853.6 MPa was achieved after 9 hours of soaking with a strain of 0.0082. These results show that soaking for 9 hours provides the most optimal mechanical performance because it produces the highest tensile stress and modulus of elasticity along with the lowest tensile strain. This indicates that alkali treatment at that time produces surface changes in the fibers that support better bonding between the sugarcane fibers and the polyester matrix, making load transfer more effective. Therefore, soaking time is an important factor in determining the mechanical characteristics of polyester composites reinforced with sugarcane fibers, with 9 hours being the best treatment in the range studied.

Keywords: *sugarcane fiber, 5% NaOH, polyester composite, tensile stress, tensile strain, elastic modulus.*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Laporan Penelitian Tugas Akhir ini dengan judul *“Analisis Kekuatan Tarik Material Komposit Polyester Berpenguat Serat Tebu”*.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Laporan Penelitian Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Iqbal Tanjung, S.T., M.T., Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulisan yang selalu memberikan masukan, motivasi, serta ilmu yang bermanfaat bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T., Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T., Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesin kepada penulis.
6. Teristimewa buat kedua orang tua tercinta yang telah memberikan kasih sayang, nasehat, motivasi, memenuhi kebutuhan penulis, dukungan serta doa yang tiada henti kepada penulis selama melalui proses perkuliahan, penulisan skripsi ini sampai saat ini. Terima kasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang di berikan, sehingga penulis merasa terdukung disegala pilihan dan keputusan yang diambil oleh penulis. Semoga Allah SWT memberikan keberkahan di dunia serta tempat terbaik di akhirat kelak, karena telah menjadi figur orang tua terbaik bagi penulis.
7. Kepada kakak tercinta, terima kasih sudah selalu berusaha memberikan yang terbaik untuk adikmu. Kasih sayang dan dukungan mu sangat berarti dalam

perjalanan ini. kehadiran mu adalah kekuatan yang tak tergantikan bagi penulis.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Aditya Septiawan dan Fathul Rozzak Lubis sahabat dari kecil.
10. M. Rifkianda Putra, Raka Novyan Wijaya Pratama, Mulya Rangkuti, Muhammad Nurazmi, Yusril Ihza Mahendra, Mhd. Rafli Nasution dan Muhammad Faiz Thoriq, sebagai teman-teman seperjuangan penulis selama berkuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Fernando Wibowo, Rasya Dwi Yanda, dan Adam Ramadhan sebagai rekan-rekan seperjuangan grup riset yang membantu penulis dalam melakukan riset.
12. Teman-teman penulis di Program Studi Teknik Mesin yang terus bersama-sama menjaga solidaritas dan semangat dalam proses perkuliahan.

Laporan Penelitian Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Laporan Penelitian Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 18 Agustus 2026



Maghdafiya Arya Pradifta

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Tebu (<i>Saccharum Officinarum</i> Linn)	5
2.1.1 Tumbuhan Tebu	6
2.1.2 Sejarah Tebu	7
2.1.3 Kandungan Tebu	7
2.1.4 Ampas Tebu (<i>Bagasse</i>)	7
2.1.5 Produksi Tebu di Indonesia	8
2.1.6 Klasifikasi Tanaman Tebu	9
2.2 Komposit	10
2.2.1 Sejarah Komposit	11
2.2.2 Jenis-Jenis Komposit	13
2.2.3 Perkembangan Komposit	15
2.3 Perlakuan Alkali Serat Alam	15
2.4 Klasifikasi Komposit	16
2.5 Pengujian Tarik	18
2.5.1 Standar Uji Tarik ASTM E8	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Tempat Dan Waktu	21
3.1.1 Tempat Penelitian	21
3.1.2 Waktu Penelitian	21
3.2 Bahan Dan Alat	21
3.2.1 Bahan Penelitian	21
3.2.2 Alat Penelitian	24
3.3 Bagan Alir Penelitian	30
3.4 Rancangan Alat Penelitian	31
3.5 Prosedur Penelitian	31
3.6 Pengujian Tarik Material Komposit	32

3.7	Variable Penelitian	33
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Pembuatan Spesimen Uji Tarik Standar ASTM E8 Material Komposit	34
4.1.1	Metode Persiapan Serat Tebu	34
4.1.2	Pembuatan Material Komposit	38
4.2	Menganalisis Material Komposit Polyester Berpenguat Serat Tebu	40
4.2.1	Nilai Tegangan Tarik	44
4.2.2	Nilai Regangan Tarik	47
4.2.3	Nilai Modulus Elastisitas	49
4.3	Analisis Peluang Peningkatan Material Alternatif	52
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	54
	DAFTAR PUSTAKA	56
	Lampiran 1. Hasil Penelitian	
	Lampiran 2. Gambar Teknik	
	Lampiran 3. Lembar Asistensi	
	Lampiran 4. SK Pembimbing	
	Lampiran 5. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian	
	Lampiran 6. Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	21
Tabel 4.1 hasil pengujian tarik material komposit	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Tebu (<i>Saccharum Officinarum</i> Linn)	6
Gambar 2.2 Ampas Tebu (<i>Bagasse</i>)	8
Gambar 2.3 Komposit Partikel	13
Gambar 2.4 Komposit Serat	14
Gambar 2.5 Komposit Lapis	14
Gambar 2.6 Komposit Partikel	16
Gambar 2.7 Komposit Serat	17
Gambar 2.8 Komposit Lapis	17
Gambar 2.9 Gambaran Singkat Uji Tarik Dan Datanya	19
Gambar 2.10 Kurva Tegangan-Regangan	20
Gambar 2.11 Desain Standar Uji Tarik ASTM E8	20
Gambar 3.1 Serat Tebu	22
Gambar 3.2 Natrium Hidroksida (NaOH)	22
Gambar 3.3 Aquadest	23
Gambar 3.4 Resin Polyester	23
Gambar 3.5 Mirror Wax	24
Gambar 3.6 Pisau	24
Gambar 3.7 Sarung Tangan	25
Gambar 3.8 Wadah	25
Gambar 3.9 Timbangan Digital	26
Gambar 3.10 Sendok	26
Gambar 3.11 Gunting	27
Gambar 3.12 Cetakan Spesimen Standar ASTM E8	27
Gambar 3.13 Kuas	28
Gambar 3.14 Jangka Sorong (<i>Sigmat</i>)	28
Gambar 3.15 Kertas Pasir	29
Gambar 3.16 Mesin Uji Tarik (Tarno Grocki)	29
Gambar 3.17 Bagan Alir Penelitian	30
Gambar 3.18 Rancangan Alat Penelitian	31
Gambar 4.1 Pengambilan Serat Ampas Tebu	34
Gambar 4.2 Penguraian Serat Tebu	34
Gambar 4.3 Penimbangan Massa Air Bersih	35
Gambar 4.4 Wadah Besar Berisi 5 Liter Air Bersih	35
Gambar 4.5 Penuangan NaOH dan Pengadukan NaOH	36
Gambar 4.6 Meletakkan Serat Tebu Ke Wadah	36
Gambar 4.7 Penuangan NaOH Ke Dalam Wadah Berisi Serat Tebu	36
Gambar 4.8 Perlakuan Alkali Pada Serat Tebu	37
Gambar 4.9 Pencucian Serat Tebu	37
Gambar 4.10 Penjemuran Serat Tebu	37
Gambar 4.11 Persiapan Serat Tebu	38
Gambar 4.12 Penimbangan Serat Tebu	38
Gambar 4.13 Persiapan Pencetakan	39
Gambar 4.14 Penimbangan Resin Polyester	39
Gambar 4.15 Hasil Pencetakan Material Komposit	40
Gambar 4.16 Spesimen Hasil Pengujian Tarik Tanpa Perlakuan alkali	41

Gambar 4.17 Spesimen Hasil Pengujian Tarik Perendaman 1 Jam	41
Gambar 4.18 Spesimen Hasil Pengujian Tarik Perendaman 3 Jam	42
Gambar 4.19 Spesimen Hasil Pengujian Tarik Perendaman 5 Jam	42
Gambar 4.20 Spesimen Hasil Pengujian Tarik Perendaman 7 Jam	43
Gambar 4.21 Spesimen Hasil Pengujian Tarik Perendaman 9 Jam	43
Gambar 4.22 Grafik Nilai Tegangan Tarik	45
Gambar 4.23 Grafik Nilai Regangan Tarik	48
Gambar 4.24 Grafik Nilai Modulus Elastisitas	50

DAFTAR NOTASI

σ	= Nilai tegangan (Mpa)
F	= Beban yang diterima (N)
A_0	= Luas penampang (mm^2)
ε	= Regangan
Δl	= Perubahan panjang
l_0	= Panjang spesimen sebelum pembebanan
l_1	= Panjang spesimen setelah pembebanan
E	= Modulus elastisitas (Mpa)
σ	= Tegangan tarik
ε	= Regangan tarik

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komposit (*Composite*), berasal dari kata kerja “*tocompose*” yang berarti menyusun atau menggabung, jadi secara sederhana komposit adalah penggabungan dari dua atau lebih material yang berbeda sebagai suatu kombinasi yang menyatu. Komposit adalah hasil material kombinasi dari dua atau lebih komponen yang berbeda, dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat fisik dan mekanik tertentu yang lebih baik dari pada sifat masing-masing komponen penyusunnya (Aksar et al., 2022).

Perkembangan teknologi komposit saat ini sudah mulai mengalami pergeseran dari bahan komposit berpenguat serat sintetis menjadi bahan komposit berpenguat serat alam. Teknologi komposit pun sebenarnya mencontoh komposit alam yang sudah ada sebelumnya. Sebagai contoh, PT. Toyota di Jepang telah memanfaatkan bahan komposit berpenguat serat kenaf sebagai komponen panel interior mobil jenis sedan. Selain itu, produsen mobil *Daimler-Benz* pun telah memanfaatkan serat abaca sebagai penguat bahan komposit untuk dashboard. Pergeseran trend teknologi ini dilandasi oleh sifat komposit berpenguat serat alam yang lebih ramah lingkungan. Komposit ini juga memiliki rasio kekuatan dengan density yang tinggi sehingga komponen yang dihasilkan lebih ringan. Para industriawan menggunakan komposit tersebut sebagai produk unggulan sesuai dengan keistimewaannya (Diharjo, 2006).

Hal ini mendorong pengembangan teknologi pembuatan material komposit berkembang lebih pesat untuk menjawab permintaan pasar, khususnya permintaan industri fabrikasi. Di Indonesia sendiri penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang pembuatan berbagai macam material komposit untuk memenuhi bermacam-macam tujuan/kebutuhan telah banyak dilakukan baik dari kalangan pendidikan maupun perindustrian (Yudo & Jatmiko, 2008).

Serat ampas tebu merupakan salah satu serat alam yang banyak terdapat di Indonesia yang dihasilkan melalui kegiatan pasca panen dan pengolahan hasil

pertanian/perkebunan, termasuk pemanfaatan produk samping dan sisa pengolahannya masih kurang optimal. Dalam industri pengolah tebu menjadi gula, ampas tebu yang dihasilkan jumlahnya dapat mencapai 90% dari setiap tebu yang diolah. Selama ini pemanfaatan ampas tebu sebagai bahan baku pembuatan particle board, bahan bakar boiler, pupuk organik dan pakan ternak bersifat terbatas dan bernilai ekonomi rendah. Pemanfaatan serat ampas tebu sebagai serat penguat material komposit akan mempunyai arti yang sangat penting yaitu dari segi pemanfaatan limbah industri khususnya industri pembuatan gula di Indonesia yang belum dioptimalkan dari segi ekonomi dan pemanfaatan hasil olahannya (Aksar et al., 2022).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan material komposit berpenguat serat alam, khususnya serat tebu, sebagai alternatif pengganti komposit berpenguat serat sintetis yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini menganalisis sifat fisik dan mekanik dari komposit berbahan dasar serat tebu sehingga dapat diketahui potensi dan kelayakannya sebagai bahan konstruksi atau komponen industri. Selain itu, penelitian ini juga dimaksudkan untuk mengoptimalkan pemanfaatan limbah ampas tebu yang dihasilkan oleh industri gula di Indonesia agar memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi serta dapat mengurangi jumlah limbah industri yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi material komposit nasional dengan memanfaatkan sumber daya alam lokal yang melimpah, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

Memanfaatkan serat tebu sebagai bahan penguat pada material komposit berbasis polyester melalui tanpa melakukan perlakuan alkali dan perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH 5% dengan variasi waktu perendaman. Selanjutnya, material komposit yang dihasilkan akan dibuat dalam bentuk spesimen uji tarik sesuai standar ASTM E8 dan dilakukan pengujian tarik untuk memperoleh nilai tegangan tarik, nilai regangan tarik, serta nilai modulus elastisitas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pengaruh perlakuan serat tebu terhadap sifat mekanik komposit polyester serta menjadi dasar pengembangan material komposit ramah lingkungan berbasis serat alam yang bernilai guna dan bernilai ekonomi lebih tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menganalisis kekuatan tarik komposit berbasis polyester dengan penambahan serat tebu.
2. Bagaimana karakteristik tarik serat tebu yang digunakan sebagai bahan penguat komposit.
3. Bagaimana pengaruh terhadap serat tebu tanpa perlakuan alkali dan variasi perendaman alkali menggunakan larutan NaOH 5% pada waktu (1 jam, 3 jam, 5 jam, 7 jam, dan 9 jam) terhadap kekuatan tarik serat tebu.

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian saya ini difokuskan pada pembuatan bahan komposit serta pengujian sampel untuk uji tarik dari material komposit polyester yang diperkuat dengan serat tebu. Serat tebu yang akan digunakan pada penelitian ini tanpa melakukan perlakuan alkali dan dilakukan perbaikan sifat fisik dengan perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH dengan persentasi 5% selama (1 jam, 3 jam, 5 jam, 7 jam, dan 9 jam). Sampel uji tarik disiapkan sesuai dengan standar ASTM E8, dan pengujian bertujuan untuk mengukur nilai tegangan tarik, nilai regangan tarik, serta nilai modulus elastisitas.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Untuk membuat spesimen uji tarik standar ASTM E8 material komposit polyester berpenguat serat tebu.
2. Untuk menganalisis kekuatan tarik material komposit polyester berpenguat serat tebu.
3. Untuk mengevaluasi kekuatan tarik material komposit polyester berpenguat serat tebu.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Didapatnya spesimen uji tarik standar ASTM E8 material komposit polyester berpenguat serat tebu.
2. Diketuainya kekuatan tarik pada material komposit polyester berpenguat serat tebu.
3. Mendapatkan karakteristik dari material komposit polyester berpenguat serat tebu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tebu (*Saccharum Officinarum* Linn)

Tebu (*Saccharum officinarum* Linn) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang cukup penting sebagai bahan baku utama produksi gula. Tanaman tebu umumnya berkembang biak secara *vegetatif*, yakni dengan pertunasan. Pertumbuhan dimulai dari perkembangan akar pada bagian pita akar (*root band*). Selanjutnya, tunas pertama (*primary shoot*) yang diikuti dengan tunas kedua (*secondary shoot*) tumbuh dari mata tunas (*eye or bud*) yang terdapat pada bibit tebu tersebut, sedangkan akar-akar tunas berkembang pada bagian pita akar yang terdapat pada tunas pertama dan tunas kedua. Cadangan makanan untuk tunas baru tersebut pada awalnya disuplai oleh sistem perakaran bibit tebu, sehingga pertunasan tebu bergantung pada sistem perakaran dari bibit tersebut selama 3-6 minggu atau sampai seberapa lama akar-akar baru pada tunas dapat mencukupi kebutuhan air, oksigen, dan nutrisi yang diperlukan (Wibowo & Tyasmoro, 2019).

Tanaman tebu tumbuh di daerah tropika dan subtropika sampai batas garis isotherm 20°C yaitu antara 190° LU–350° LS. Kondisi tanah yang baik bagi tanaman tebu adalah yang tidak terlalu kering dan tidak terlalu basah, selain itu akar tanaman tebu sangat sensitif terhadap kekurangan udara dalam tanah sehingga pengairan dan drainase harus sangat diperhatikan. Namun pada dengan penggunaan drainase yang baik dengan kedalaman sekitar 1 meter memberikan peluang akar tanaman menyerap air dan unsur hara pada lapisan yang lebih dalam sehingga pertumbuhan tanaman pada musim kemarau tidak terganggu. Drainase yang baik dan dalam juga dapat menyalurkan kelebihan air dimusim penghujan sehingga tidak terjadi genangan air yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman karena berkurangnya oksigen dalam tanah (Indrawanto et al., 2010).

Tanaman tebu dapat tumbuh optimal di wilayah dengan suhu ideal antara 24°C – 34°C serta curah hujan berkisar antara 1.000 – 1.300 mm per tahun. Tekstur tanah yang ideal bagi pertumbuhan tanaman tebu adalah tekstur tanah ringan sampai agak berat dengan kemampuan menahan air cukup dan porositas 30%. Tanaman tebu menghendaki solum tanah minimal 50 cm dengan tidak ada lapisan

kedap air dan permukaan air 40 cm. Tanaman tebu dapat tumbuh baik pada tanah dengan pH 6 -7,5, akan tetapi masih toleran pada pH tidak lebih tinggi dari 8,5 dan tidak lebih rendah dari 4,5 (Indrawanto et al., 2010).

Dilihat dari jenis tanah, tanaman tebu dapat tumbuh baik pada berbagai jenis tanah seperti tanah alluvial, grumosol, latosol dan regusol dengan ketinggian antara 0–1400 m dpl. Akan tetapi lahan yang paling sesuai adalah kurang dari 500 m diatas permukaan laut. Sedangkan pada ketinggian ≥ 1200 m diatas permukaan laut pertumbuhan tanaman relative lambat. Kemiringan lahan sebaiknya kurang dari 8%, meskipun pada kemiringan sampai 10% dapat juga digunakan untuk areal yang dilokalisir. Kondisi lahan terbaik untuk tebu adalah berlereng panjang, rata dan melandai sampai 2% apabila tanahnya ringan dan sampai 5 % apabila tanahnya lebih berat (Indrawanto et al., 2010).

2.1.1 Tumbuhan Tebu

Tebu adalah satu anggota familia rumput-rumputan yang merupakan tanaman asli tropika basah yang masih dapat tumbuh baik dan berkembang di daerah subtropika. Penanaman tebu di indonesia dimulai pada saat sistem tanam paksa (Tahun 1870) yang memberikan keuntungan besar untuk khas negara pemerintahan kolonial belanda (Putra, 2019). Tebu berasal dari daratan Papua, yang merupakan wilayah Indonesia bagian timur. Tanaman ini menyebar seiring migrasi yang dilakukan orang Austronesia dari daratan Papua ke Asia, Eropa, sampai kemudian dibawa lagi oleh bangsa Eropa ke Indonesia untuk diperkenalkan sebagai tanaman dan komoditi ekspor (Ridhoi, 2021).



Gambar 2.1 Tanaman Tebu (*Saccharum Officinarum* Linn) (ZANUARDI, 2018)

2.1.2 Sejarah Tebu

Tebu telah dibudidayakan dalam bentuk perkebunan sejak VOC mendirikan kantor dagang di Batavia. Tebu yang merupakan makanan untuk dikunyah dan mempunyai rasa manis menyebabkannya dijadikan bahan utama untuk pembuatan gula. Pada abad ke-17 dan 18, tebu masih dikelola secara sederhana oleh VOC. Pada abad ke-19, pemerintah Hindia-Belanda mulai secara intensif memperhatikan tanaman ini. Hal ini dikarenakan konsumsi gula di Eropa semakin meningkat dan harganya pun juga tinggi. Perkebunan tebu pada masa ini menjadi fokus utama bagi pemerintah kolonial Belanda untuk mendapatkan keuntungan yang sebesar-besarnya dari hasil ekspor gula di pasar internasional (Ridhoi, 2021).

Wilayah Indonesia yang paling ramai dibicarakan yaitu Jawa. Pulau ini merupakan pulau penghasil gula terbanyak di Indonesia pada abad ke-19. Ini dikarenakan Jawa mempunyai perkebunan tebu paling banyak dibandingkan wilayah yang lainnya. Tanahnya yang subur dengan topografi wilayah yang datar, serta sistem irigasi yang baik menyebabkan Jawa menjadi surganya perkebunan tebu di Indonesia (Ridhoi, 2021).

2.1.3 Kandungan Tebu

Sari tebu merupakan salah satu minuman yang disukai oleh masyarakat untuk dikonsumsi sebagai penghilang dahaga. Selain manis dan lezat, ternyata sari tebu memiliki khasiat yaitu untuk mengobati sakit panas, meredakan batuk, mengobati kanker, dan juga membantu ginjal untuk melakukan fungsinya dengan baik. Sari tebu mengandung zat-zat yang diperlukan oleh tubuh antara lain sukrosa, protein, kalsium, lemak, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B6, vitamin C dan asam amino (HERMAWATI, 2018).

2.1.4 Ampas Tebu (*Bagasse*)

Ampas tebu pada umumnya disebut *bagasse* mengandung 48% serat. Ampas tebu merupakan salah satu sumber serat alam terbanyak yang terdapat di Indonesia. Selain ketersediannya yang melimpah, ampas tebu berpotensi karena memiliki sifat yang tahan kelembapan, tahan terhadap jamur, awet dan memiliki rasa manis (Li-An'Amie & Nugraha, 2014). Ampas tebu merupakan limbah

berserat dari batang tebu setelah melalui proses penghancuran dan ekstraksi. Ampas tebu, seperti halnya biomassa yang lain, terdiri dari tiga penyusun utama, yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin dan sisanya unsur penyusun lainnya. Ampas tebu sebagian besar mengandung *lignocellulose*. Panjang seratnya antara 1,7-2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro. *Bagasse* mengandung air 48-52%, gula rata-rata 3,3% dan serat rata-rata 47,7%. Serat *bagasse* tidak dapat larut dalam air dan sebagian besar terdiri dari selulosa, pentosan dan lignin (Shabiri et al., 2014).



Gambar 2.2 Ampas Tebu (*Bagasse*) (Fiqri et al., 2017)

2.1.5 Produksi Tebu di Indonesia

komoditas perkebunan yang diutamakan sebagai konsumsi dalam negeri adalah tebu dengan produksi Gula Kristal Putih (GKP) atau gula pasir. Di Indonesia, sejarah pengembangan produksi gula berbasis tebu sudah dilakukan sejak jaman penjajahan Belanda. Sampai saat ini, pengembangan tebu tidak hanya dilakukan di Pulau Jawa, Pulau Sumatera Bagian Utara dan Selatan, tetapi juga di Pulau Sulawesi dan Nusa Tenggara. Meningkatnya konsumsi gula menjadi unsur utama dilakukannya pengembangan di daerah baru, juga untuk memenuhi pasar di wilayah Indonesia Timur (Indonesia, 2015).

Sebagai negara tropis Indonesia memiliki potensi tinggi produksi Tebu. Luas areal tanaman Tebu mencapai 3.473.230 Ha dengan total produksi sekitar 2.854.300 ton (Ditjenbun, 2018), dari luasan tersebut sekitar 99% diusahakan oleh petani rakyat. Komoditas Tebu di samping dimanfaatkan untuk konsumsi dalam negeri sebagian diekspor yang akan mendatangkan devisa sehingga komoditas ini dapat dijadikan salah satu sumber perekonomian nasional (Indonesia, 2015).

2.1.6 Klasifikasi Tanaman Tebu

Menurut (Swadaya, 2000) dalam (Plantamor, 2012) berikut merupakan klasifikasi botani tanaman tebu:

a. Kingdom: *plantae*

Kingdom *plantae* merupakan kelompok organisme *eukariotik multiseluler* yang mampu menghasilkan makanan sendiri melalui fotosintesis berkat adanya klorofil dan dinding sel dari selulosa.

b. Sub Kingdom: *Tracheobionta*

Sub kingdom *tracheobionta* adalah kelompok tumbuhan dalam *kingdom plantae* yang memiliki sistem pembuluh sejati, yaitu jaringan xilem yang berfungsi mengangkut air dan mineral dari akar ke seluruh bagian tumbuhan, serta floem untuk mengangkut hasil fotosintesis.

c. Super Divisi: *Spermatophyta*

Super divisi *spermatophyta* adalah kelompok tumbuhan dalam *sub kingdom tracheobionta* yang ditandai dengan keberadaan biji sebagai alat reproduksi utama yang melindungi embrio selama masa dormansi dan perkembangan awal. Tumbuhan ini memiliki jaringan pembuluh yang lengkap (xilem dan floem) dan sistem organ khusus seperti akar, batang, dan daun yang memadai untuk mendukung pertumbuhan dan reproduksi.

d. Divisi: *Magnoliophyta*

Divisi *magnoliophyta* adalah kelompok tumbuhan dalam super divisi *Spermatophyta* yang dikenal sebagai tumbuhan berbunga (*angiospermae*). Ciri khas mereka adalah memiliki biji yang tertutup oleh buah, yang berkembang dari bakal biji yang ada di dalam ovarium bunga. *Magnoliophyta* memiliki sistem vaskular lengkap berupa xilem dan floem yang memungkinkan transportasi air, nutrisi, dan hasil fotosintesis secara efisien.

e. Kelas: *Liliopsida*

Kelas *liliopsida* adalah kelompok tumbuhan berbunga (*angiospermae*) yang termasuk dalam divisi *magnoliophyta* dan memiliki ciri khas sebagai tumbuhan monokotil.

f. Sub Kelas: *Commelinidae*

Subkelas *commelinidae* merupakan bagian dari kelas *liliopsida* (monokotil)

dalam divisi *magnoliophyta* yang umumnya berupa tumbuhan herba dengan daun berseling atau basal, pertulangan daun sejajar, dan bunga dengan bagian kelipatan tiga, tanpa nektar pada sepal serta penyerbukan oleh angin atau serangga.

g. Ordo: *Poales*

Ordo *poales* merupakan salah satu ordo dalam sub kelas *commelinidae*, kelas *liliopsida* (monokotil) yang tergolong dalam klad *commelinids* tumbuhan berbunga, mencakup suku-suku seperti *poaceae* (padi-padian), *cyperaceae* (teki-tekian), dan *bromeliaceae* (nanas-nanasan).

h. Famili: *Graminae* atau *Poaceae*

Famili *graminae* atau *poaceae* adalah suku tumbuhan berbunga yang dikenal sebagai suku rumput sejati atau suku padi-padian, termasuk dalam ordo *poales* dan kelas *monocotyledoneae*.

i. Genus: *Saccharum*

Genus *Saccharum* adalah taksa taksonomi dalam famili *poaceae* (*Graminae*) yang mencakup berbagai spesies tebu, tanaman rumput perennial tinggi dengan batang tebal beruas-ruas yang kaya sukrosa, terutama tumbuh di daerah tropis dan subtropis.

j. Spesies: *Saccharum officinarum* Linn

Spesies *saccharum officinarum* linn adalah tanaman tebu budidaya utama dalam genus *saccharum*, famili *poaceae*, yang dikenal sebagai sumber gula karena batang tebal beruas-ruasnya yang mengandung sukrosa tinggi, tumbuh optimal di iklim tropis dan subtropis.

2.2 Komposit

Komposit 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.

Komposit pada umumnya terdiri dari 2 fasa, yaitu:

1. Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai bagian atau fraksi volume

terbesar, matriks juga memiliki beberapa fungsi yaitu mentransfer tegangan ke serat dan membentuk ikatan serat.

2. Fiber

Fiber salah satu bagian utama dari komposit adalah reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Serat dalam komposit berperan penting karena memberikan kekuatan tarik, kekakuan, serta ketahanan terhadap beban (Ummah, 2019).

2.2.1 Sejarah Komposit

Berikut adalah beberapa titik penting dalam sejarah pengembangan komposit:

1. Zaman Kuno

Penggunaan bahan komposit pertama kali ditemukan dalam bentuk material alami yang digabungkan untuk meningkatkan kualitas fisiknya. Contoh paling awal adalah pembuatan bata yang terbuat dari campuran tanah liat, jerami, dan bahan organik lainnya. Bahan-bahan ini dipadukan untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan bata tersebut. Selain itu, pada zaman kuno, orang Mesir menggunakan tanah liat dan jerami untuk membuat pot tanah liat yang lebih tahan lama. Begitu juga dengan pembuatan kapal dari kayu yang menggunakan kombinasi bahan seperti resin alami dan serat tanaman.

2. Abad ke-19 dan Awal Abad ke-20

Pada abad ke-19, muncul pemahaman lebih lanjut tentang pentingnya menggabungkan bahan dengan sifat-sifat yang berbeda. Contoh klasik adalah penggunaan beton bertulang (*reinforced concrete*) yang menggabungkan beton dan baja untuk menciptakan material yang lebih kuat dan lebih tahan lama dari pada beton biasa. Konsep ini dianggap sebagai langkah awal dalam pengembangan material komposit dalam dunia konstruksi. Pada awal abad ke-20, material komposit mulai berkembang dalam industri penerbangan dan otomotif. Penggunaan material seperti karet vulkanisir dan serat baja dalam pembuatan ban mobil juga bisa dianggap sebagai bagian dari pengembangan komposit.

3. Pertengahan Abad ke-20: Era Penerbangan dan Industri Militer

Pengembangan komposit mengalami lonjakan signifikan selama Perang Dunia II dan pada era pasca-perang, terutama dalam industri penerbangan dan

militar. Dalam periode ini, komposit berbasis serat kaca (*fiberglass*) dan serat karbon mulai dikembangkan. Material ini digunakan karena sifatnya yang ringan dan kuat, cocok untuk pesawat terbang dan kendaraan militer. *Fiberglass* pertama kali digunakan pada 1930-an dan menjadi bahan yang sangat penting dalam konstruksi pesawat terbang ringan, serta produk konsumen seperti botol dan perahu. Resin epoksi mulai digunakan pada 1940-an dan menjadi bahan pengikat utama dalam pembuatan komposit modern.

4. 1960-an dan 1970-an: Komposit dalam Penerbangan dan Ruang Angkasa

Komposit semakin berkembang di industri penerbangan dan ruang angkasa, terutama setelah ditemukannya serat karbon. Serat karbon memberikan kekuatan yang sangat tinggi dan bobot yang rendah, sehingga sangat ideal untuk komponen pesawat dan roket. Bahan ini mulai digunakan secara luas di dekade-dekade berikutnya. Pada tahun 1960-an dan 1970-an, material komposit mulai untuk pembuatan pesawat tempur, termasuk pada pesawat seperti Boeing 747 dan pesawat supersonik Concorde yang menggunakan komposit untuk mengurangi berat dan meningkatkan performa aerodinamis.

5. 1980-an dan 1990-an: Material Komposit dalam Berbagai Industri

Seiring berkembangnya teknologi, komposit mulai digunakan dalam berbagai industri, termasuk otomotif, olahraga, konstruksi, dan bahkan peralatan medis. Contoh terkenal termasuk bodi mobil ringan yang terbuat dari serat karbon atau serat kaca dan perahu yang menggunakan lapisan komposit untuk mengurangi bobot dan meningkatkan ketahanan terhadap cuaca dan kerusakan. Selain itu, pada era ini, komposit polimer matrix (seperti komposit berbasis resin epoksi dan serat karbon atau serat kaca) menjadi semakin populer karena kemampuan untuk diproduksi dalam bentuk yang lebih kompleks dan ringan. Hal ini membuka jalan untuk desain yang lebih efisien dan aplikasi yang lebih luas.

6. Era Modern: Komposit dalam Teknologi Tinggi

Pada abad ke-21, penggunaan komposit semakin meluas dalam berbagai sektor teknologi tinggi. Komposit saat ini digunakan dalam pembuatan struktur pesawat terbang modern (seperti Boeing 787 Dreamliner yang menggunakan hampir 50% komposit dalam konstruksinya), serta aplikasi dalam industri otomotif

(seperti mobil listrik yang menggunakan komposit untuk mengurangi berat dan meningkatkan efisiensi bahan bakar).

7. Komposit dan Inovasi Berkelanjutan

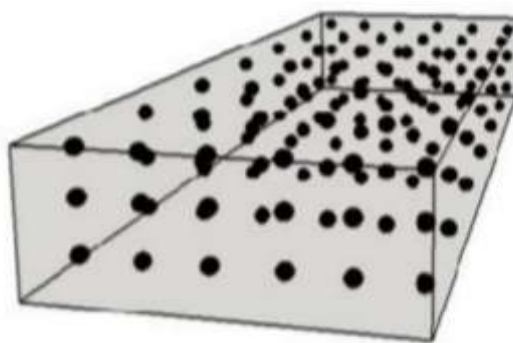
Penelitian dan inovasi dalam bidang komposit terus berkembang dengan tujuan untuk meningkatkan performa dan mengurangi dampak lingkungan. Misalnya, komposit berbasis bioplastik atau material komposit yang dapat terurai secara hayati sedang dikembangkan untuk menggantikan komposit konvensional yang berbasis polimer sintetis (Karyono, 1991).

2.2.2 Jenis-Jenis Komposit

Jenis-jenis komposit berdasarkan penguatnya:

a. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Komposit partikel adalah salah satu jenis material komposit yang diperkuat dengan partikel-partikel berukuran mikro hingga makro yang tersebar secara merata atau tidak merata didalam suatu matriks, sehingga membentuk suatu material baru dengan sifat gabungan yang lebih baik dibandingkan material penyusunnya secara terpisah. Tidak seperti komposit serat yang menggunakan bentuk penguat berupa serat panjang atau pendek, komposit partikel memanfaatkan penguat berbentuk butiran, bubuk, atau serbuk halus dengan ukuran tertentu yang dapat berasal dari bahan alami maupun sintetis (Fiqri et al., 2017).



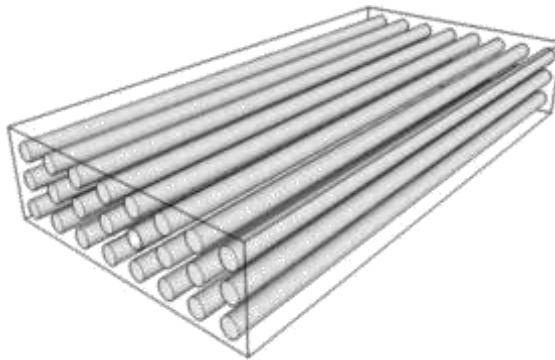
Gambar 2.3 Komposit Partikel (Fiqri et al., 2017)

b. Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

Komposit serat adalah jenis material komposit yang menggunakan serat (*fiber*) sebagai material penguat (*reinforcement*) dan matriks sebagai pengikatnya.

Serat berfungsi meningkatkan kekuatan tarik, kekakuan, serta ketahanan beban, sedangkan matriks menjaga bentuk, melindungi serat dari kerusakan lingkungan, dan mendistribusikan tegangan yang diterima material.

Komposit serat memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang sangat tinggi, sehingga lebih ringan dibanding logam, tetapi dengan kekuatan mekanik yang sebanding atau bahkan lebih baik. Hal ini membuat komposit serat banyak dipakai dalam aplikasi teknik modern (Fiqri et al., 2017).

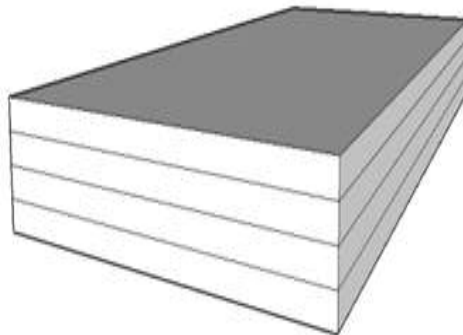


Gambar 2.4 Komposit Serat (Fiqri et al., 2017)

c. Komposit Lapis (*Laminates Composites*)

Komposit lapis adalah jenis material komposit yang terbentuk dari penumpukan beberapa lapisan (lamina) dengan sifat atau orientasi serat yang berbeda, kemudian digabungkan menjadi satu kesatuan. Setiap lapisan biasanya berupa lembaran serat yang diperkuat matriks polimer (misalnya serat kaca, serat karbon, atau serat alami dalam resin epoksi/poliester).

Dengan mengatur jumlah lapisan, arah orientasi serat, dan ketebalan tiap lamina, dapat diperoleh kombinasi sifat mekanik yang lebih unggul dibandingkan material tunggal maupun komposit serat sederhana (Fiqri et al., 2017).



Gambar 2.5 Komposit Lapis (Fiqri et al., 2017)

2.2.3 Perkembangan Komposit

Perkembangan komposit di Indonesia telah menunjukkan signifikan dalam beberapa dekade terakhir, meskipun masih dalam tahap yang lebih awal jika dibandingkan dengan negara-negara maju yang telah lebih lama mengembangkan dan mengaplikasikan material komposit. Di Indonesia, komposit mulai banyak digunakan dalam berbagai sektor industri, baik untuk kebutuhan lokal maupun ekspor. Perkembangan ini seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan material yang lebih ringan, kuat, tahan lama, dan ramah lingkungan, serta kemajuan teknologi yang mendukung inovasi dalam industri komposit (Sulaiman & Rahmat, 2018).

Perkembangan teknologi komposit tidak hanya pada komposit sintetis, akan tetapi juga mengarah pada komposit alam (*NACO*) dikarenakan keistimewaan sifatnya yang dapat didaur ulang. Negara Indonesia memiliki potensi serat alam yang sangat banyak dan bervariasi, sehingga berpeluang mengembangkan polimer komposit dengan menggunakan serat alam. Penggunaan bahan komposit berbahan alam dalam bidang industri otomotif saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat dan berusaha menggeser keberadaan bahan sintetis. Pemanfaatan serat alam sebagai bahan baku produk telah banyak dilakukan berbagai penelitian untuk mendapatkan sifat produk yang memenuhi standar keamanan maupun standar ekonomis. Makalah ini memberikan tinjauan ringkas tentang pengembangan komposit alam dalam pembuatan produk otomotif. Kami menelaah dan mengkaji penelitian terdahulu yang telah dipublikasikan tentang kekuatan tarik serat alam sebagai bahan komposit, serta jumlah ketersediaan serat alam yang ada di Indonesia (Sulaiman & Rahmat, 2018).

2.3 Perlakuan Alkali Serat Alam

Perlakuan alkali pada serat alam dilakukan dengan tujuan untuk membersihkan permukaan serat dari kotoran dan getah yang menempel serta mereduksi kandungan air pada serat sehingga ikatan *interfacial* antara serat dan matriks menjadi lebih baik. Pengaruh perlakuan alkali NaOH pada serat alam selulosa menunjukkan peningkatan mutu permukaan serat alami *hydrophilic*.

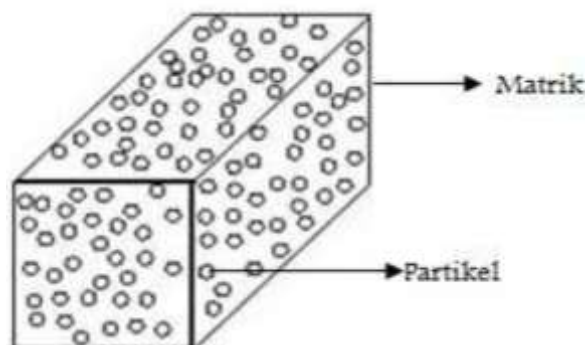
Selanjutnya ditunjukkan pula bahwa perlakuan kimia pada serat dapat menghentikan proses *moisture absorption* memberikan dan mengubah topografi permukaan serat serta meningkatkan kekerasan pada permukaan sehingga dapat meningkatkan daya ikat *interfacial* antara serat dan matriks. Topografi permukaan serat yang kasar tersebut akan menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik dengan matriks (Eichron, dkk, 2001, Mishra, dkk, 2002).

2.4 Klasifikasi Komposit

Kebanyakan material komposit dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan dan memperbaiki sifat-sifat mekaniknya. Mekanisme penguatan komposit tergantung sekali pada geometri penguatnya, sehingga dalam mengklasifikasikan material komposit juga berbasis pada geometri penguatnya diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu:

1. Komposit Partikel

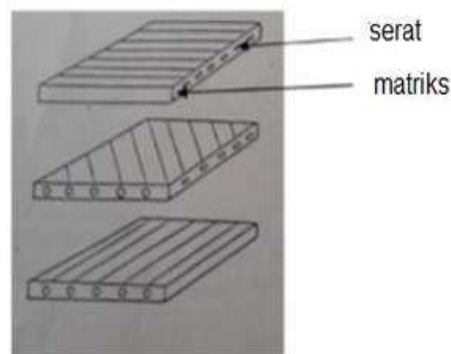
Komposit partikel (*Particulate Composite*). Komposit yang tersusun atas matriks kontinyu dan penguat (*reinforced*) yang diskontinyu berbentuk partikel atau serat pendek disebut komposit partikel, secara umum penguat partikel kurang efektif dalam mempertahankan ketahanan patah, berbeda dengan komposit berpenguat serat yang bagus dalam mempertahankan ketahanan patah namun matriks berpenguat partikel ini memiliki sifat ulet yang bagus untuk mengurangi beban patah mendadak, fungsi dari partikel-partikel ini adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastis, partikel-partikel tersebut bisa berupa logam maupun bukan logam (Raliannoor & Rahmalina, 2020).



Gambar 2.6 Komposit Partikel (Nurcahyanto, 2018)

2. Komposit Serat

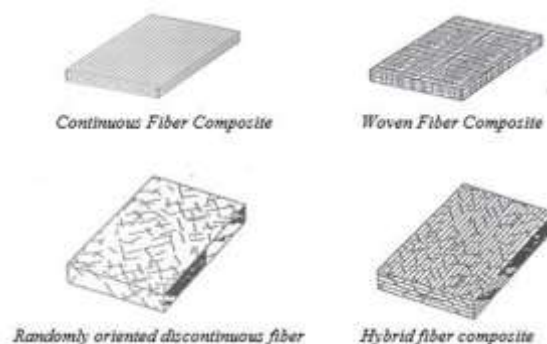
Komposit serat (*Fibrous Composite*) merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serataramid, dan sebagainya. Komposit ini tersusun atas matriks kontinyu polimer atau logam, serat-serat ini tersusun oleh matriks, biasanya berbentuk multifilamen panjang yang digulung. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman (Purniawan, 2023).



Gambar 2.7 Komposit Serat (Widiarta et al., 2017)

3. Komposit Lapis

Komposit lapis (*Laminate Composite*) terdiri dari beberapa lapisan komposit lapis berpenguat serat, berpenguat komposit partikel atau kombinasi lapisan komposit tipis dengan material berbeda dimana lapisan tersebut saling terikat didalam satu matriks (Napitupulu et al., 2018).



Gambar 2.8 Komposit Lapis (Azmi, 2019)

2.5 Pengujian Tarik

Uji tarik merupakan salah satu jenis uji mekanik yang dilakukan untuk mengukur kekuatan dan sifat material komposit ketika diberikan beban tarik (*tensile load*). Uji ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana komposit merespon terhadap gaya tarik yang diterimanya, yang melibatkan perubahan panjang material hingga mencapai titik kegagalan atau kerusakan. Pada uji tarik komposit, sampel material akan dipasang pada mesin uji tarik, dimana beban ditarik secara bertahap hingga material tersebut patah atau mengalami kerusakan (Diharjo, 2008). Berikut ini adalah rumus dari pengujian tarik:

a. Tegangan tarik

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

σ = Nilai tegangan (Mpa)

F = Beban yang diterima (N)

A_0 = Luas penampang (mm^2)

b. Regangan tarik

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

ε = Regangan

Δl = Perubahan panjang

l_0 = Panjang spesimen sebelum pembebanan

l_1 = Panjang spesimen setelah pembebanan

c. Modulus Elastisitas

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

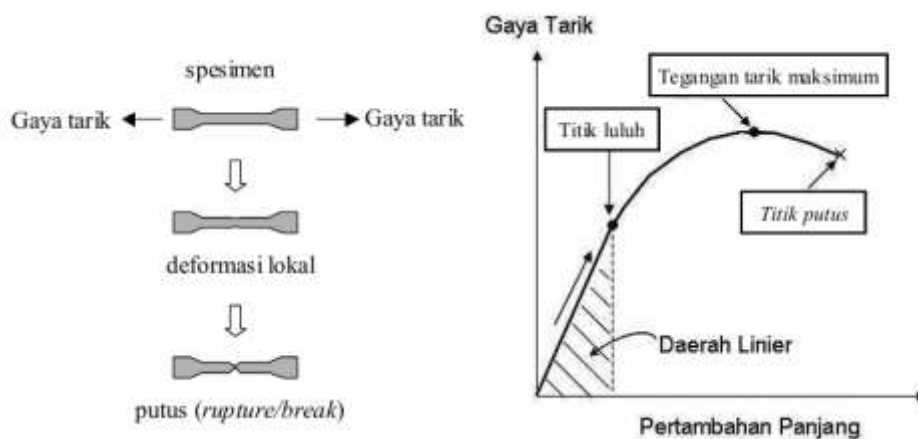
Dimana:

E = Modulus elastisitas (Mpa)

σ = Tegangan tarik

ε = Regangan tarik

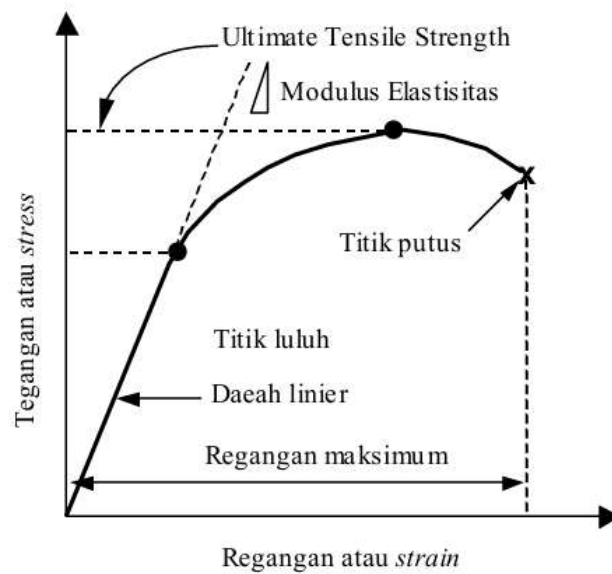
Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkraman) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*Highly Stiff*). Bila kita terus menarik suatu bahan (dalam hal ini suatu logam) sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan dibawah ini. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut. Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut disingkat dengan dalam bahasa Indonesia disebut tegangan tarik maksimum (Sastranegara, 2009).



Gambar 2.9 Gambaran Singkat Uji Tarik Dan Datanya (Sastranegara, 2009)

Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linear zone*. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan *Hooke*. Rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan.

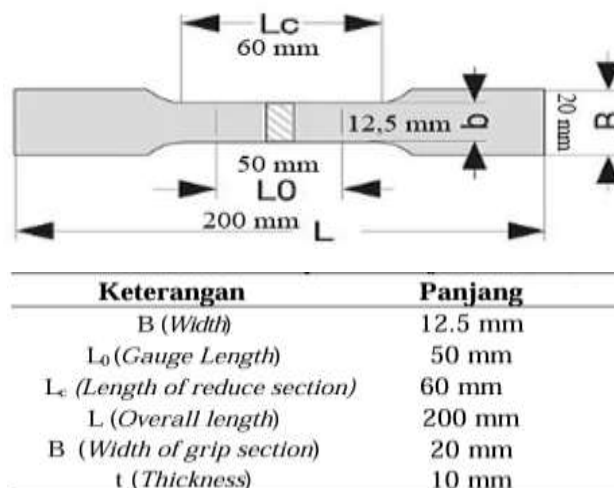
Selanjutnya, yang merupakan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik. E adalah gradien kurva dalam daerah linier, di mana perbandingan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) selalu tetap. E diberi nama “Modulus Elastisitas” atau “*Young Modulus*”. Kurva yang menyatakan hubungan antara *strain* dan *stress* seperti ini kerap disingkat kurva SS (*SS Curve*) (Sastranegara, 2009).



Gambar 2.10 Kurva Tegangan-Regangan (Sastranegara, 2009)

2.5.1 Standar Uji Tarik ASTM E8

Spesimen uji tarik dimodelkan sesuai standar ASTM E8, dengan parameter utama yang divariasikan adalah lebar daerah ukur (*gauge width*). Dua variasi lebar digunakan, yakni 6 mm (*sub-size specimen*) dan 12.5 mm (*standard specimen*), sementara dimensi lain seperti panjang ukur, ketebalan, radius fillet, serta panjang penjepit dijaga tetap sesuai ketentuan standar (Yasin & Soumi, 2025).



Gambar 2.11 Desain Standar Uji Tarik ASTM E8 (Taruna et al., 2024)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat dilaksanakannya kegiatan penelitian ini dilakukan di laboratorium Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dari tanggal disahkannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan dikerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian.

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul	■	■				
2	Studi literatur		■	■	■		
3	Seminar proposal			■	■	■	
4	Pembuatan spesimen				■	■	
5	Pengujian spesimen					■	■
6	Analisa hasil pengujian					■	■
7	Seminar hasil					■	■
8	Sidang Sarjana						■

3.2 Bahan Dan Alat

3.2.1 Bahan Penelitian

1. Serat Tebu

Serat tebu merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses penggilingan tebu untuk memperoleh nira. Serat ini tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan penguat dalam penelitian komposit untuk pengujian kekuatan tarik. Dalam penelitian ini, serat ampas tebu dibersihkan, dikeringkan, dan diuraikan menggunakan pisau menjadi ukuran

tertentu sebelum menjalani perlakuan alkali, sehingga serat yang dihasilkan memiliki kualitas dan karakteristik yang sesuai untuk dicampurkan dengan matriks polyester dalam pembuatan spesimen uji tarik.



Gambar 3.1 Serat Tebu

2. Natrium Hidroksida (NaOH)

Sebelum digunakan sebagai penguat dalam material komposit. Fungsi utama NaOH dalam perlakuan (alkali treatment) ini adalah untuk menghilangkan komponen non-selulosa seperti lignin, hemiselulosa, pektin, lilin, serta kotoran yang menempel pada permukaan serat. Dengan berkurangnya komponen tersebut, struktur selulosa menjadi lebih dominan sehingga meningkatkan kekasaran permukaan serat. Perubahan ini dapat memperbaiki adhesi antara serat dengan matriks polimer, meningkatkan sifat mekanik komposit, seperti kekuatan tarik, kekakuan, dan stabilitas dimensional. Selain itu, perlakuan NaOH juga dapat mengurangi kadar air serat, sehingga komposit menjadi lebih tahan terhadap degradasi kelembaban.



Gambar 3.2 Natrium Hidroksida (NaOH)

3. Aquadest

Aquadest berperan sebagai pelarut atau media pencuci yang digunakan pada tahap persiapan serat natural sebelum dicampurkan dengan matriks polimer. Penggunaan aquadest membantu menghilangkan kotoran, sisa bahan kimia, atau zat pengotor lain pada permukaan serat, sehingga dapat meningkatkan kualitas ikatan permukaan antara serat dan matriks.



Gambar 3.3 Aquadest

4. Resin Polyester

Resin polyester merupakan salah satu jenis resin termoset yang banyak digunakan sebagai matriks pada material komposit karena memiliki sifat mekanik yang baik, mudah diproses, serta biaya produksinya relatif rendah. Resin ini terbentuk dari hasil reaksi polikondensasi antara asam dikarboksilat dan alkohol polihidrat, kemudian dilarutkan dalam monomer stirena untuk mempermudah proses pencetakan dan pengerasan.



Gambar 3.4 Resin Polyester

5. Mirror Wax

Wax berbentuk pasta atau krim padat, digunakan sebagai pelapis antara bidang mal atau cetakan dan material komposit sehingga kedua bagian tadi tidak saling menempel dan material komposit lebih mudah untuk dilepas.



Gambar 3.5 Mirror Wax

3.2.2 Alat Penelitian

1. Pisau

Pisau merupakan alat yang digunakan untuk membantu proses pemisahan serat pada ampas tebu. Setelah proses penggilingan, ampas tebu umumnya masih berbentuk gumpalan dengan serat-serat yang saling terikat dan bercampur dengan sisa jaringan tanaman. Oleh karena itu, pisau digunakan untuk menguraikan dan memisahkan ikatan serat tersebut sehingga diperoleh serat yang lebih mudah diolah, untuk menguraikan ikatan antar serat secara manual dengan cara memotong atau menarik bagian serat yang masih saling melekat.



Gambar 3.6 Pisau

2. Sarung Tangan

Sarung tangan merupakan alat pelindung diri yang digunakan pada tangan saat melakukan kegiatan penelitian untuk menghindari kontak langsung dengan bahan kimia, antara kulit dengan bahan kimia yang dapat menyebabkan iritasi, kontaminasi, atau risiko kesehatan lainnya.



Gambar 3.7 Sarung Tangan

3. Wadah

Wadah berfungsi untuk melakukan proses perendaman, pencampuran, serta reaksi kimia pada serat tebu, seperti perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH. Penggunaan wadah memastikan proses pencucian dan modifikasi serat berlangsung secara aman, sehingga kualitas serat yang dihasilkan dapat mendukung peningkatan sifat mekanik komposit. Perlakuan ini bertujuan mengurangi kandungan lignin, hemiselulosa, serta minyak pada permukaan serat agar meningkatkan *interfacial bonding* antara serat dan matriks polyester.



Gambar 3.8 Wadah

4. Timbangan Digital

Timbangan digital adalah alat ukur massa yang bekerja dengan sistem sensor elektronik untuk memberikan hasil pengukuran yang akurat dan presisi dalam satuan gram maupun miligram. Timbangan digital digunakan untuk menimbang massa serat dan matriks polyester sesuai komposisi yang telah ditentukan. Selain itu, timbangan digital juga digunakan dalam penimbangan bahan kimia seperti NaOH untuk perlakuan serat. Dengan kemampuannya yang stabil dan presisi tinggi, alat ini berperan penting untuk menjaga konsistensi data penelitian.



Gambar 3.9 Timbangan Digital

5. Sendok

Sendok digunakan untuk larutan bahan kimia seperti NaOH sebelum ditimbang dengan timbangan digital. Penggunaan sendok bertujuan untuk menghindari kontak langsung tangan dengan bahan penelitian, menjaga kebersihan material, serta memastikan proses pemindahan bahan ke wadah penimbangan atau pencampuran dapat dilakukan secara lebih aman dan terkontrol.



Gambar 3.10 Sendok

6. Gunting

Membantu proses pemotongan serat secara rapi sehingga tidak terdapat cacat fisik yang dapat mempengaruhi hasil pengujian tarik.



Gambar 3.11 Gunting

7. Cetakan Spesimen Uji Tarik standar ASTM E8

Cetakan spesimen uji tarik standar ASTM E8 digunakan untuk pembuatan spesimen uji tarik material komposit berbasis polyester berpenguat serat tebu. Bentuk spesimen memiliki karakteristik menyerupai “*dog-bone*” (tulang anjing) yang bertujuan untuk memastikan gaya tarik terdistribusi merata pada area pengujian sehingga hasil pengukuran sifat mekanik, seperti kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas, menjadi lebih akurat dan dapat dibandingkan secara universal. Pembuatan cetakan spesimen menggunakan bahan karet silikon rubber yang mengacu pada standar ASTM E8 seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.12 Cetakan Spesimen Uji Tarik Standar ASTM E8

8. Kuas

Digunakan untuk meratakan mirror wax pada permukaan cetakan, yaitu sebagai alat bantu dalam proses pelumasan cetakan agar lapisan mirror wax dapat tersebar secara merata pada seluruh permukaan cetakan. Peralatan ini bertujuan

untuk mencegah spesimen komposit menempel pada cetakan saat proses pelepasan setelah pencetakan selesai, sehingga hasil cetakan lebih rapi dan terhindar dari kerusakan pada permukaan spesimen uji tarik.



Gambar 3.13 Kuas

9. Jangka Sorong (*sigmat*)

Digunakan untuk mengukur ketebalan dan dimensi spesimen secara presisi sebelum dilakukan pengujian tarik. Dimensi yang tepat diperlukan untuk perhitungan tegangan yang akurat. Ketelitian dalam pengukuran dimensi sangat penting karena data tersebut akan digunakan dalam perhitungan luas penampang spesimen. Dimensi yang tepat diperlukan untuk memperoleh nilai tegangan tarik yang akurat, sehingga hasil analisis kekuatan tarik komposit dapat dipercaya dan memenuhi standar penelitian material.



Gambar 3.14 Jangka Sorong (*Sigmat*)

10. Kertas Pasir

Digunakan untuk membersihkan spesimen dari cairan resin yang berlebih atau keluar dari cetakan pada saat telah selesai melakukan pencetakan.



Gambar 3.15 Kertas Pasir

11. Mesin Uji Tarik

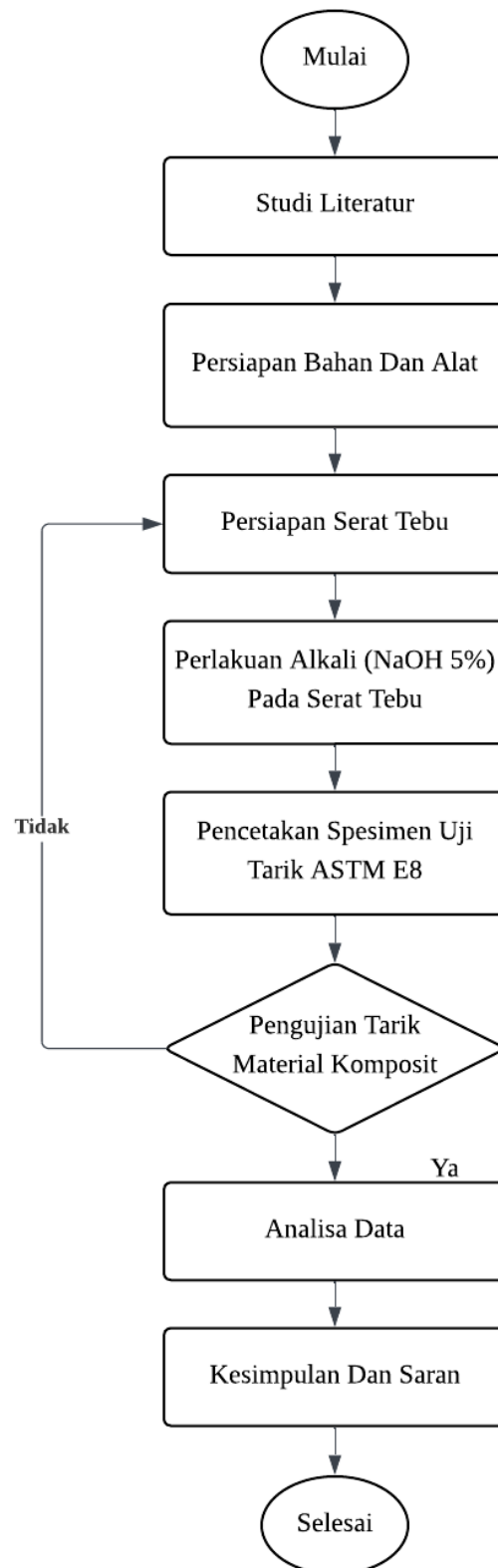
Mesin uji tarik mesin ini bekerja dengan memberikan gaya tarik secara terkontrol pada spesimen berbentuk standar “*dog-bone*” hingga material mengalami putus. Selama pengujian, mesin akan merekam dan menampilkan parameter penting seperti kekuatan tarik maksimum, regangan, dan modulus elastisitas. Mesin ini berfungsi untuk mengetahui seberapa besar kemampuan material dalam menahan gaya tarik dan mengevaluasi peningkatan sifat mekanik akibat penambahan serat sebagai penguat.



Gambar 3.16 Mesin Uji Tarik (Tarno Grocki)

3.3 Bagan Alir Penelitian

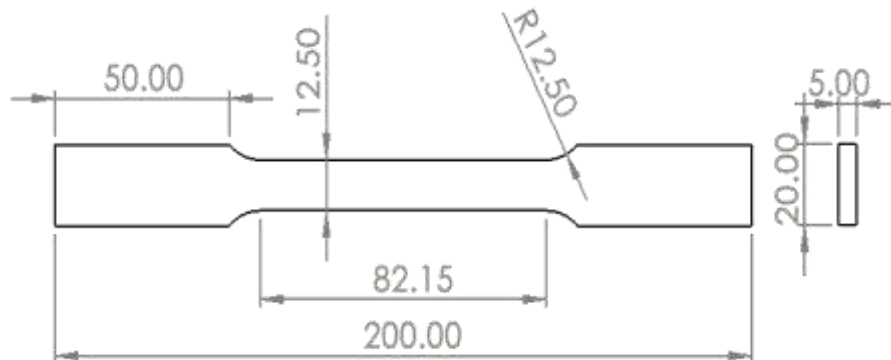
Bagan alir penelitian ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.17 Bagan Alir Penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Pada penelitian ini disusun berdasarkan hasil studi literatur dari berbagai jurnal, buku, skripsi, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan material komposit berbasis serat alam. Studi literatur dilakukan sebagai dasar dalam menentukan desain spesimen, metode pembuatan komposit, serta prosedur pengujian tarik sehingga penelitian dapat dilaksanakan secara sistematis dan menghasilkan data yang valid. Penelitian ini berfokus pada analisis pengaruh variasi waktu perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH 5% terhadap sifat mekanik tarik komposit polyester berpenguat serat tebu. Untuk memperoleh hasil pengujian yang sesuai standar, spesimen dirancang mengacu pada standar ASTM E8 sehingga memiliki bentuk dan dimensi yang seragam. Selanjutnya, pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tarik untuk memperoleh nilai tegangan tarik, nilai regangan tarik, dan nilai modulus elastisitas sebagai dasar dalam menganalisis pengaruh perlakuan alkali terhadap karakteristik material komposit.



Gambar 3.18 Rancangan Alat Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilakukan secara sistematis dimulai dari studi literatur mengenai penggunaan serat alami sebagai penguat komposit polyester. Setelah memperoleh dasar teori yang kuat, dilakukan persiapan alat dan bahan sesuai kebutuhan penelitian termasuk serat tebu, NaOH, aquades, polyester, mirror wax, cetakan spesimen uji tarik standar ASTM E8, jangka sorong, timbangan digital, serta bahan-bahan yang lainnya.

Serat ampas tebu yang diperoleh dari limbah pedagang penjual es tebu, pengolahan serat tebu dicuci hingga bersih, kemudian dikeringkan untuk

menghilangkan kadar air. Serat dipotong hingga ukuran yang sesuai dengan kebutuhan proses pencampuran. Untuk meningkatkan kualitas ikatan antara serat dan matriks, serat diberikan perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH 5% pada konsentrasi yang telah ditentukan dalam proses penelitian. Setelah direndam, serat dicuci hingga pH netral kemudian dikeringkan kembali.

Sebelum pencetakan, permukaan cetakan dibersihkan dan dilapisi mirror wax secara merata menggunakan kuas untuk mencegah material komposit melekat pada cetakan serta mempermudah proses pelepasan spesimen setelah pencetakan. Polyester sebagai matriks dicampurkan dengan serat ampas tebu sesuai komposisi 60% resin polyester dan 40% serat tebu. Potong serat tebu menyesuaikan dimensi spesimen. Campurkan resin polyester dan katalis, aduk hingga merata sebelum dilakukan proses pencetakan. Dimana serat tebu yang telah diletakkan didalam cetakan spesimen lalu campurkan matriks polyester hingga tercampur secara merata untuk membentuk material komposit.

Sebelum dilakukan pengujian, setiap spesimen diukur dimensinya menggunakan jangka sorong untuk memastikan kesesuaian dengan standar serta sebagai data pendukung perhitungan tegangan. Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik dengan parameter yang mengikuti standar uji. Dari pengujian tersebut diperoleh data berupa grafik tegangan–regangan yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai tegangan tarik, nilai regangan tarik, serta nilai modulus elastisitas. Data yang telah didapat diolah dan dianalisa untuk mengetahui pengaruh penambahan serat tebu terhadap sifat mekanik komposit polyester, sebelum akhirnya dilakukan penyusunan kesimpulan dan rekomendasi untuk penelitian lebih lanjut.

3.6 Pengujian Tarik Material Komposit

Terdapat beberapa cara yang akan dilakukan untuk pengujian tarik material komposit berpenguat serat tebu di antaranya yaitu:

1. Persiapkan mesin uji untuk pengujian yang baru atau lama tidak aktif, harus dipanaskan terlebih dahulu ke temperatur normal untuk operasi, ini bertujuan untuk meminimalisasi kesalahan.
2. Mengukur dimensi dari spesimen uji untuk menentukan luas penampang

spesimen uji, gunakan jangka sorong (*sigmat*) untuk mengetahui sesuai dengan ukuran standar ASTM E8.

3. Pastikan mesin uji telah dikalibrasi dengan benar sesuai dengan prosedur dan pastikan atur posisi zero pada mesin uji sebelum pengujian di mulai..
4. Kemudian memasang spesimen uji pada pencengkram, pastikan spesimen terjepit dengan kuat dan sejajar dengan arah pembebanan.
5. Pantau proses pengujian melalui layar monitor analog, benda uji mulai dapat beban tarik dengan menggunakan tenaga hidrolik diawali 0 kg hingga spesimen uji putus pada beban maksimum yang dapat ditahan spesimen uji tersebut.
6. Pada spesimen uji yang sudah putus lalu diukur berapa besar penampang dan panjang spesimen uji setelah putus.
7. Hasil pengujian terdapat pada layar monitor analog dan dicatat sebagai data.
8. Hal terakhir yaitu menghitung tegangan tarik, regangan tarik, modulus elastisitas dari data yang telah didapat dengan menggunakan persamaan yang ada.

3.7 Variable Penelitian

Variabel independen (yang mempengaruhi) dalam penelitian ini adalah waktu perlakuan alkali pada serat tebu menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 5%, yang divariasikan selama 1 jam, 3 jam, 5 jam, 7 jam, dan 9 jam. Variasi waktu perlakuan ini digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik komposit yang dihasilkan. Variabel dependen (yang dipengaruhi) dalam penelitian ini adalah sifat mekanik tarik material komposit polyester yang diperkuat dengan serat tebu, yang ditunjukkan oleh nilai kekuatan tarik, nilai regangan tarik, dan nilai modulus elastisitas yang diperoleh dari pengujian tarik sesuai standar ASTM E8.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Spesimen Uji Tarik Standar ASTM E8 Material Komposit

4.1.1 Metode Persiapan Serat Tebu

Ada beberapa cara yang harus dilakukan untuk persiapan serat tebu, agar mendapatkan karakteristik dari serat tebu adalah sebagai berikut:

1. Pertama pengambilan limbah serat ampas tebu, yang didapat dari pedagang penjual es tebu.



Gambar 4.1 Pengambilan Serat Ampas Tebu

2. Pemisahan limbah serat ampas tebu, dengan cara menggunakan pisau diuraikan satu per satu untuk didaptnya serat ampas tebu.



Gambar 4.2 Penguraian Serat Tebu

3. Siapkan wadah, setelah itu timbang wadahnya, kalibrasikan timbangan ke angka 0. Karena massa jenis air bersih adalah sekitar 1 kg/L atau 1000 gram/L, maka berat 5 liter air bersih adalah 5000 gram. Lalu isi air bersih sebanyak 1000 gram ke wadah kecil, karena yang dibutuhkan sebanyak 5 liter air maka yang dibutuhkan adalah 5000 gram air bersih.



Gambar 4.3 Penimbangan Massa Air Bersih

4. Setelah itu pindahkan air bersih ke dalam wadah yang lebih besar, tuangkan 5 kg air bersih, lalu cari berapa 5% dari 5 kg air bersih tersebut. Untuk 5% dari 5 kg air bersih tersebut: $5\% \times 5000 \text{ gram} = \frac{5}{100} \times 5000 = 250 \text{ gram NaOH}$ yang dibutuhkan.



Gambar 4.4 Wadah Besar Berisi 5 Liter Air Bersih

5. Lalu tuangkan NaOH ke dalam wadah yang berisikan air bersih 5 liter sebelumnya. Setelah menuangkan NaOH ke dalam wadah air bersih 5 liter itu, lalu diaduk sampai merata.



Gambar 4.5 Penuangan NaOH dan Pengadukan NaOH

6. Lanjutkan dengan meletakkan serat tebu di dalam wadah yang masih kosong.



Gambar 4.6 Meletakkan Serat Tebu Ke Wadah

7. Sesudah wadah diisi dengan serat tebu, tuangkan alkali (NaOH) yang sudah diaduk sebelumnya ke dalam wadah yang sudah berisikan serat tebu.



Gambar 4.7 Penuangan NaOH Ke Dalam Wadah Berisi Serat Tebu

8. Tunggu dan biarkan selama perendaman dengan variasi waktu 1 jam, 3 jam, 5 jam, 7 jam, dan sampai 9 jam.



Gambar 4.8 Perlakuan Alkali Pada Serat Tebu

9. Lalu angkat bilas dan bersihkan serat tebu dengan menggunakan aquadest.



Gambar 4.9 Pencucian Serat Tebu

10. Setelah itu serat yang sudah dicuci dijemur di bawah terik matahari.



Gambar 4.10 Penjemuran Serat Tebu

4.1.2 Pembuatan Material Komposit

Proses pembuatan material komposit dari bahan serat tebu dengan menggunakan resin polyester, yaitu sebagai berikut:

1. Siapkan serat tebu yang sudah melakukan perendaman Alkali (NaOH).



Gambar 4.11 Persiapan Serat Tebu

2. Timbang serat tebu untuk melakukan perbandingan antara 60% resin polyester dan 40% serat tebu menggunakan timbangan digital.



Gambar 4.12 Penimbangan Serat Tebu

3. Oleskan mirror wax di cetakan spesimen secara merata, Potong serat tebu menggunakan gunting untuk penyesuaian dengan cetakan spesimen dan susun serat tebu di cetakan spesimen secara merata.



Gambar 4.13 Persiapan Pencetakan

4. Timbang resin polyester dengan menggunakan timbangan digital dan melakukan perbandingan 28 gram resin polyester dengan 2% katalis, cara untuk mencari 2 % katalis yaitu $28 \times \frac{2}{100} = 0,56$ ml katalis yang dibutuhkan, campurkan resin polyester yang sudah melakukan perbandingan dengan katalis selanjutnya aduk hingga merata lalu tuang ke cetakan spesimen sesuaikan dengan volume cetakan spesimen, biarkan mengering sampai bahan komposit tersebut benar-benar kering merata.



Gambar 4.14 Penimbangan Resin Polyester

5. Setelah kering keluarkan material komposit dari cetakannya, lalu bersihkan material komposit menggunakan gunting dan kertas pasir, material komposit siap menjadi bahan uji pada pengujian tarik.



Gambar 4.15 Hasil Pencetakan Material Komposit

4.2 Menganalisis Material Komposit Polyester Berpenguat Serat Tebu

Spesimen uji tarik yang digunakan pada penelitian ini dibuat sesuai standar ASTM E8. Berikut ini adalah ilustrasi kondisi spesimen pengujian tarik, baik sebelum maupun setelah pengujian mekanik. Bahan ini terdiri dari 60% resin polyester sebagai matriks dan 40% serat tebu. Sebelum proses pencetakan, serat menjalani proses alkalinisasi dengan merendamnya dalam larutan NaOH 5% yang dicampur menggunakan air murni 100% selama berbagai waktu perendaman, yaitu 1, 3, 5, 7, dan 9 jam. Tujuan dari proses ini adalah untuk memodifikasi struktur serat agar rasio serat terhadap matriks resin meningkat. Setelah proses pencetakan sesuai standar ASTM E8, spesimen diuji menggunakan mesin uji tarik hingga mengalami patah.

Hasil pengujian tarik menghasilkan beberapa parameter utama, yaitu beban maksimum, panjang awal, panjang akhir, dan perubahan panjang. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas pada masing-masing variasi waktu perendaman. Dengan demikian, hasil pengujian tidak hanya menunjukkan besarnya beban yang mampu diterima spesimen, tetapi juga menunjukkan kemampuan material dalam menahan deformasi akibat pembebanan tarik. Kondisi spesimen sebelum dan sesudah pengujian diamati secara visual untuk mengetahui karakteristik patahan tanpa perlakuan alkali serta pengaruh variasi waktu perendaman terhadap sifat mekanik material komposit:

1. Spesimen uji tarik serat tebu tanpa melakukan perlakuan alkali, berikut ini gambar sebelum dan sesudah pengujian.



Gambar 4.16 Spesimen Hasil Pengujian Tarik Tanpa Perlakuan Alkali

2. Spesimen uji tarik serat tebu yang telah melakukan perendaman larutan NaOH 5% selama 1 jam, berikut ini gambar sebelum dan sesudah pengujian.



Gambar 4.17 Spesimen Hasil Pengujian Tarik Perendaman 1 Jam

3. Spesimen uji tarik serat tebu yang telah melakukan perendaman larutan NaOH 5% selama 3 jam, berikut ini gambar sebelum dan sesudah pengujian.



Gambar 4.18 Spesimen Hasil Pengujian Tarik Perendaman 3 Jam

4. Spesimen uji tarik serat tebu yang telah melakukan perendaman larutan NaOH 5% selama 5 jam, berikut ini gambar sebelum dan sesudah pengujian.



Gambar 4.19 Spesimen Hasil Pengujian Tarik Perendaman 5 Jam

5. Spesimen uji tarik serat tebu yang telah melakukan perendaman larutan NaOH 5% selama 7 jam, berikut ini gambar sebelum dan sesudah pengujian.



Gambar 4.20 Spesimen Hasil Pengujian Tarik Perendaman 7 Jam

6. Spesimen uji tarik serat tebu yang telah melakukan perendaman larutan NaOH 5% selama 9 jam, berikut ini gambar sebelum dan sesudah pengujian.



Gambar 4.21 Spesimen Hasil Pengujian Tarik Perendaman 9 Jam

Telah didapat data hasil dari pengujian tarik material komposit polyester berpenguat serat tebu dengan bahan 60 % resin polyester dan 40% serat tebu dengan tanpa perlakuan alkali dan serat tebu yang telah melakukan perendaman NaOH 5% menggunakan air sebanyak 5000 gram berbagai variasi perendaman yaitu 1 jam, 3 jam, 5 jam, 7 jam, serta 9 jam. Perubahan panjang spesimen juga menunjukkan perbedaan pada setiap variasi, yang dapat ditunjukkan pada tabel 4.1 hasil pengujian tarik

Tabel 4.1 hasil pengujian tarik material komposit

No	Kode Spesimen	F_u (N)	Panjang Awal (L_0) (mm)	Panjang Akhir (L_1) (mm)	Perubahan panjang (Δl) (mm)
1	Tanpa Perlakuan Alkali	600	82,15	83,08	0,93
2	Perendaman 1 Jam	450	82,15	83,24	1,09
3	Perendaman 3 Jam	550	82,15	83,27	1,12
4	Perendaman 5 Jam	550	82,15	83,14	0,99
5	Perendaman 7 Jam	600	82,15	83,73	1,58
6	Perendaman 9 Jam	700	82,15	82,83	0,68

Adapun nilai yang akan dicari pada penelitian ini yaitu nilai tegangan tarik, nilai regangan tarik, serta nilai modulus elastisitas yang terdapat pada material komposit berpenguat serat tebu:

4.2.1 Nilai Tegangan Tarik

Tegangan tarik adalah besarnya gaya tarik maksimum yang bekerja pada suatu material untuk setiap satuan luas penampang sebelum material mengalami deformasi atau patah. Tegangan tarik menunjukkan kemampuan suatu material dalam menahan beban tarik yang diberikan. Nilai ini sangat penting dalam rekayasa dan manufaktur untuk memastikan keamanan dan keandalan suatu produk. Nilai tegangan tarik dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots (4.1)$$

Dimana:

σ = Nilai tegangan (Mpa)

F = Beban yang diterima (N)

A_0 = Luas penampang (mm^2)

1. Spesimen tanpa perlakuan alkali

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{600}{100} = 6 \text{ Mpa}$$

2. Spesimen perendaman 1 jam

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{450}{100} = 4,6 \text{ Mpa}$$

3. Spesimen perendaman 3 jam

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{550}{100} = 5,5 \text{ Mpa}$$

4. Spesimen perendaman 5 jam

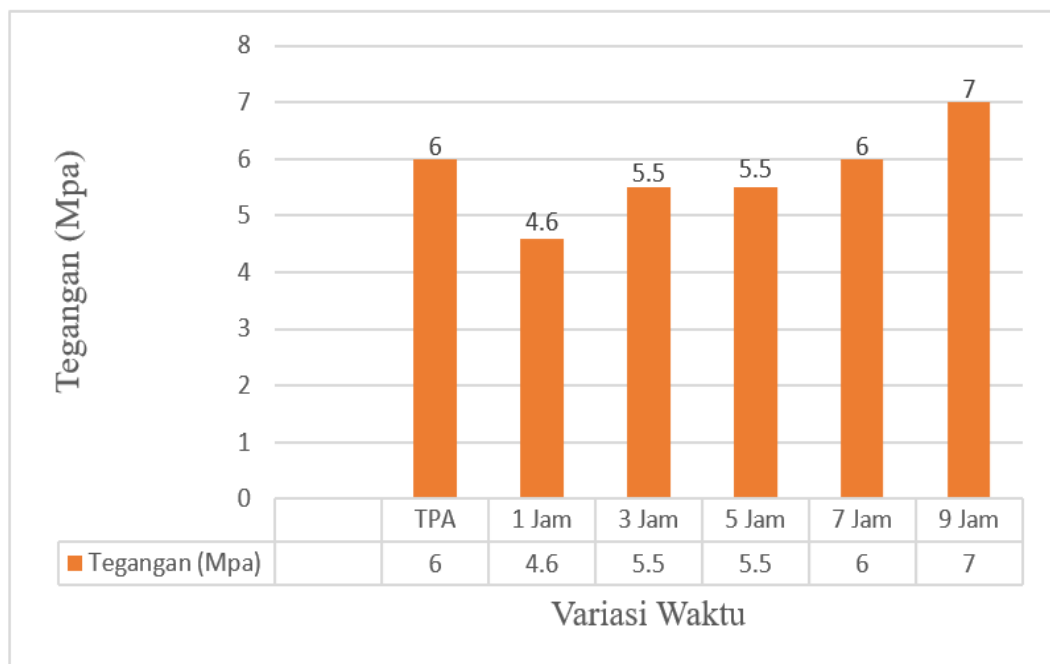
$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{550}{100} = 5,5 \text{ Mpa}$$

5. Spesimen perendaman 7 jam

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{600}{100} = 6 \text{ Mpa}$$

6. Spesimen perendaman 9 jam

$$\sigma = \frac{F}{A_0} = \frac{700}{100} = 7 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.22 Grafik Nilai Tegangan Tarik

Diperoleh nilai tegangan tarik material komposit polyester berpenguat serat tebu dengan variasi waktu perendaman NaOH 5%. Tanpa perlakuan alkali sebesar 6 MPa, perendaman 1 jam sebesar 4,6 MPa, 3 jam sebesar 5,5 MPa, 5 jam sebesar 5,5 MPa, 7 jam sebesar 6 MPa, dan 9 jam sebesar 7 MPa. Nilai tersebut dihitung berdasarkan hasil pengujian tarik menggunakan perbandingan antara beban maksimum yang diterima spesimen terhadap luas penampang sebesar 100 mm².

Dari grafik terlihat bahwa nilai tegangan tarik mengalami penurunan pada perendaman 1 jam, kemudian meningkat secara bertahap pada waktu perendaman 3 jam dan 5 jam, kembali mencapai nilai yang sama dengan spesimen tanpa perlakuan pada perendaman 7 jam, dan mencapai nilai tertinggi pada perendaman 9 jam sebesar 7 MPa. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu perlakuan alkali hingga batas optimum mampu meningkatkan kemampuan material komposit dalam menahan beban tarik.

Penurunan tegangan tarik pada perendaman 1 jam diduga karena proses alkalinisasi belum berlangsung secara optimal, sehingga pengotor seperti lignin, hemiselulosa, dan lapisan lilin pada permukaan serat masih belum banyak terlepas. Akibatnya, ikatan antarmuka antara serat tebu dan matriks polyester belum terbentuk dengan baik sehingga transfer beban dari matriks ke serat belum maksimal. Sebaliknya, perendaman selama 9 jam menghasilkan tegangan tarik tertinggi, yang mengindikasikan bahwa perlakuan alkali telah mampu membersihkan permukaan serat secara lebih efektif, meningkatkan kekasaran permukaan serat, serta memperkuat ikatan mekanis antara serat dan matriks polyester. Ikatan antarmuka yang lebih baik menyebabkan distribusi beban selama pengujian tarik menjadi lebih merata sehingga spesimen mampu menahan beban yang lebih besar sebelum mengalami patah.

Secara keseluruhan, grafik menunjukkan bahwa lama waktu perlakuan alkali merupakan faktor penting yang memengaruhi kekuatan tarik komposit polyester berpenguat serat tebu. Semakin optimal proses perlakuan alkali, semakin baik kualitas ikatan antara serat dan matriks, sehingga nilai tegangan tarik material meningkat. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variasi perendaman NaOH selama 9 jam menghasilkan sifat mekanik terbaik, karena memberikan nilai tegangan tarik tertinggi sebesar 7 MPa. Hasil ini mengindikasikan

bahwa perlakuan alkali mampu meningkatkan performa mekanik komposit melalui perbaikan kualitas antarmuka serat–matriks, yang merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan tarik material komposit.

4.2.2 Nilai Regangan Tarik

Nilai regangan tarik adalah besarnya perubahan panjang suatu material akibat diberi gaya tarik dibandingkan dengan panjang awal material sebelum diberi beban. Regangan tarik menunjukkan kemampuan material untuk mengalami deformasi atau pertambahan panjang sebelum mengalami patah. Untuk mencari nilai regangan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimana:

ε = Regangan

Δl = Perubahan panjang

l_0 = Panjang spesimen sebelum pembebanan

l_1 = Panjang spesimen setelah pembebanan

1. Spesimen tanpa perlakuan alkali

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{83,08 - 82,15}{82,15} = \frac{0,93}{82,15} = 0,0113$$

2. Spesimen perendaman 1 jam

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{83,24 - 82,15}{82,15} = \frac{1,09}{82,15} = 0,0132$$

3. Spesimen perendaman 3 jam

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{83,27 - 82,15}{82,15} = \frac{1,12}{82,15} = 0,0136$$

4. Spesimen perendaman 5 jam

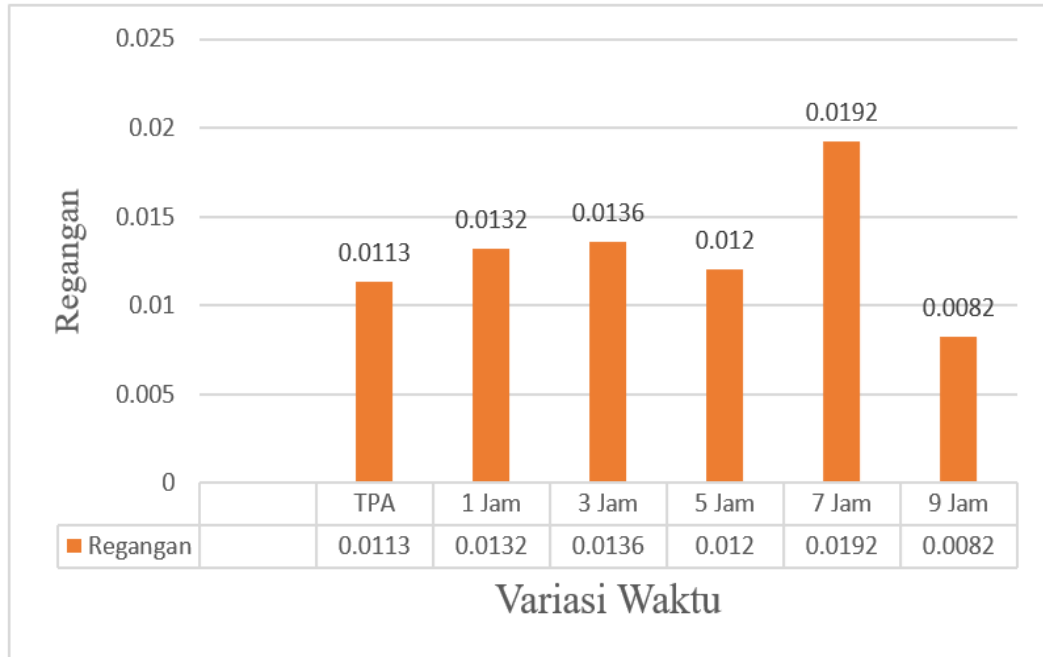
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{83,14 - 82,15}{82,15} = \frac{0,99}{82,15} = 0,0120$$

5. Spesimen perendaman 7 jam

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{83,73 - 82,15}{82,15} = \frac{1,58}{82,15} = 0,0192$$

6. Spesimen perendaman 9 jam

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{L_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{82,83 - 82,15}{82,15} = \frac{0,68}{82,15} = 0,0082$$



Gambar 4.23 Grafik Nilai Regangan Tarik

Diketahui bahwa nilai regangan tarik komposit polyester berpenguat serat tebu dengan variasi waktu perendaman NaOH 5% mengalami perubahan pada setiap perlakuan. Nilai regangan yang diperoleh berturut-turut adalah 0,0113 pada spesimen tanpa perlakuan alkali, 0,0132 pada perendaman 1 jam, 0,0136 pada perendaman 3 jam, 0,0120 pada perendaman 5 jam, 0,0192 pada perendaman 7 jam, dan 0,0082 pada perendaman 9 jam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi waktu perendaman alkali memberikan pengaruh terhadap kemampuan komposit mengalami pertambahan panjang sebelum mengalami patah.

Nilai regangan pada spesimen tanpa perlakuan alkali sebesar 0,0113 digunakan sebagai kondisi awal untuk membandingkan perubahan yang terjadi setelah serat diberikan perlakuan alkali. Setelah dilakukan perendaman selama 1 jam, nilai regangan meningkat menjadi 0,0132, kemudian kembali meningkat menjadi 0,0136 pada perendaman 3 jam. Peningkatan ini menunjukkan bahwa spesimen mengalami pertambahan panjang yang lebih besar dibandingkan spesimen tanpa perlakuan sebelum mencapai titik patah. Pada perendaman 5 jam,

nilai regangan menurun menjadi 0,0120, namun masih lebih tinggi dibandingkan spesimen tanpa perlakuan. Selanjutnya pada perendaman 7 jam, nilai regangan meningkat cukup signifikan hingga mencapai 0,0192, yang merupakan nilai regangan tertinggi dari seluruh variasi perlakuan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa spesimen mampu mengalami deformasi paling besar sebelum mengalami kegagalan. Dengan kata lain, komposit pada variasi perendaman 7 jam memiliki sifat yang lebih ulet dibandingkan variasi lainnya karena mampu mengalami pertambahan panjang yang lebih besar saat menerima beban tarik.

Berbeda dengan variasi sebelumnya, pada perendaman 9 jam nilai regangan turun menjadi 0,0082, yang merupakan nilai terendah pada penelitian ini. Hal ini menunjukkan bahwa spesimen mengalami pertambahan panjang yang lebih kecil sebelum patah dibandingkan seluruh variasi lainnya. Meskipun demikian, berdasarkan hasil pengujian tegangan tarik, variasi 9 jam justru menghasilkan nilai tegangan tarik tertinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa spesimen mampu menahan beban yang lebih besar, tetapi mengalami deformasi yang lebih kecil sebelum terjadi patah.

4.2.3 Nilai Modulus Elastisitas

Nilai Modulus elastisitas adalah sifat mekanik material yang menyatakan kemampuan suatu material untuk menahan deformasi elastis ketika menerima beban. Modulus elastisitas didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan (stress) dan regangan (strain) pada daerah elastis, yaitu daerah ketika material masih mampu kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah beban dilepaskan. Sifat ini penting dalam teknik dan ilmu material, karena menentukan kemampuan material untuk menahan beban dan mempertahankan bentuknya. Untuk mencari nilai modulus elastisitas dapat dihitung menggunakan rumus:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (4.3)$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas (Mpa)

σ = Tegangan tarik

ε = Regangan tarik

1. Spesimen tanpa perlakuan alkali

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{6}{0,0113} = 530,9 \text{ Mpa}$$

2. Spesimen perendaman 1 jam

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{4,6}{0,0132} = 348,4 \text{ Mpa}$$

3. Spesimen perendaman 3 jam

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{5,5}{0,0136} = 404,4 \text{ Mpa}$$

4. Spesimen perendaman 5 jam

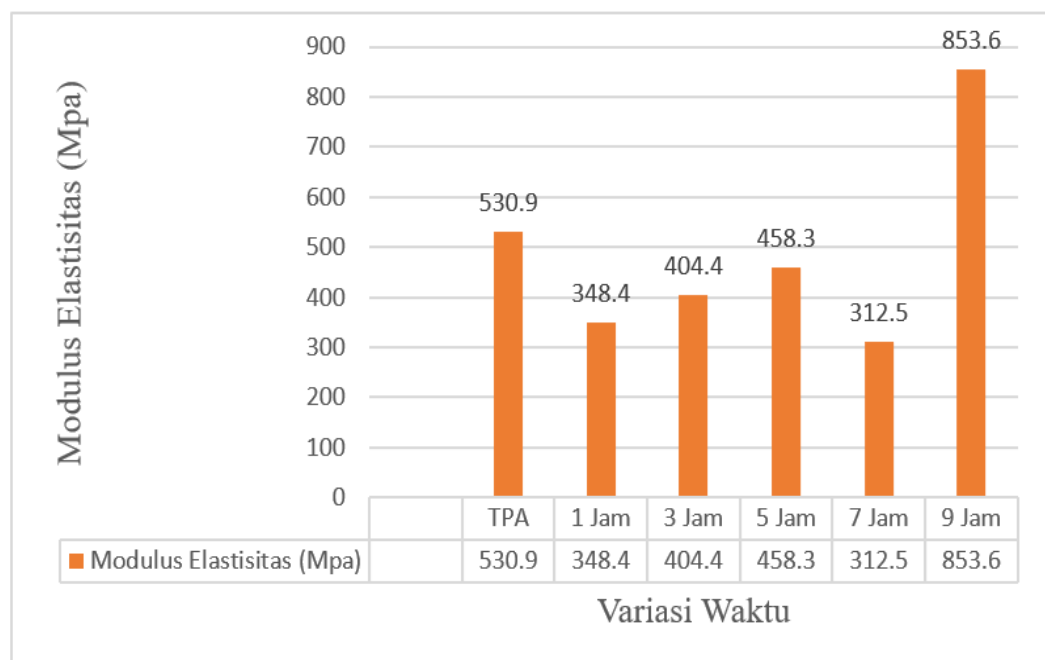
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{5,5}{0,0120} = 458,3 \text{ Mpa}$$

5. Spesimen perendaman 7 jam

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{6}{0,0192} = 312,5 \text{ Mpa}$$

6. Spesimen perendaman 9 jam

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{7}{0,0082} = 853,6 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.24 Grafik Nilai Modulus Elastisitas

Nilai modulus elastisitas komposit polyester berpenguat serat tebu mengalami perubahan pada setiap variasi waktu perendaman NaOH 5%. Nilai modulus elastisitas yang diperoleh berturut-turut adalah 530,9 MPa pada spesimen

tanpa perlakuan alkali, 348,4 MPa pada perendaman 1 jam, 404,4 MPa pada perendaman 3 jam, 458,3 MPa pada perendaman 5 jam, 312,5 MPa pada perendaman 7 jam, dan 853,6 MPa pada perendaman 9 jam. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa lama perendaman alkali memberikan pengaruh terhadap tingkat kekakuan material komposit.

Pada spesimen tanpa perlakuan alkali, modulus elastisitas sebesar 530,9 MPa menunjukkan bahwa serat masih mengandung lapisan pengotor seperti lignin, hemiselulosa, dan lilin alami yang menyebabkan ikatan antara serat dan matriks polyester belum optimal. Setelah dilakukan perendaman selama 1 jam, nilai modulus elastisitas justru turun menjadi 348,4 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa proses alkalisasi belum berlangsung sempurna sehingga peningkatan kualitas permukaan serat belum cukup untuk memperbaiki kekakuan material. Pada perendaman 3 jam dan 5 jam, modulus elastisitas meningkat menjadi 404,4 MPa dan 458,3 MPa. Peningkatan ini menunjukkan bahwa perlakuan alkali mulai efektif menghilangkan sebagian pengotor pada permukaan serat. Permukaan serat menjadi lebih kasar sehingga ikatan mekanis antara serat dan matriks semakin kuat. Akibatnya, beban tarik dapat diteruskan dari matriks ke serat dengan lebih baik sehingga kekakuan material ikut meningkat. Namun, pada perendaman 7 jam, modulus elastisitas kembali menurun hingga 312,5 MPa, meskipun nilai tegangan tarik mencapai 6 MPa. Penurunan ini terjadi karena spesimen memiliki regangan tertinggi (0,0192). Artinya, material mengalami pertambahan panjang yang lebih besar saat menerima beban tarik. Semakin besar regangan yang terjadi, semakin kecil nilai modulus elastisitas karena modulus merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan ($E = \sigma/\epsilon$). Kondisi ini menunjukkan bahwa material menjadi lebih lentur, tetapi tingkat kekakuannya berkurang. Berbeda dengan variasi lainnya, perendaman selama 9 jam menghasilkan modulus elastisitas tertinggi sebesar 853,6 MPa. Nilai ini diperoleh karena spesimen memiliki tegangan tarik paling tinggi (7 MPa) sekaligus regangan paling rendah (0,0082). Hal tersebut menunjukkan bahwa spesimen mampu menahan beban yang lebih besar dengan deformasi yang sangat kecil.

Secara keseluruhan, menunjukkan bahwa waktu perendaman alkali berpengaruh nyata terhadap modulus elastisitas komposit polyester berpenguat

serat tebu. Pengaruh tersebut tidak bersifat linier, melainkan mengalami fluktuasi akibat perubahan nilai tegangan dan regangan pada setiap variasi perlakuan. Perlakuan alkali selama 9 jam merupakan kondisi terbaik karena menghasilkan kombinasi tegangan tarik tertinggi dan regangan terendah, sehingga menghasilkan modulus elastisitas paling besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses alkalisasi selama 9 jam mampu meningkatkan kualitas ikatan antara serat dan matriks, sehingga komposit memiliki kekakuan yang lebih baik dibandingkan variasi perlakuan lainnya.

4.3 Analisis Peluang Peningkatan Material Alternatif

Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa variasi waktu perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH 5% memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik komposit polyester berpenguat serat tebu. Variasi waktu perendaman menghasilkan perubahan pada nilai tegangan tarik, regangan, dan modulus elastisitas, yang menunjukkan bahwa kualitas ikatan antara serat dan matriks sangat dipengaruhi oleh proses perlakuan alkali. Perlakuan selama 9 jam menghasilkan performa mekanik terbaik dengan nilai tegangan tarik sebesar 11,96 MPa dan modulus elastisitas sebesar 3.417 MPa, sehingga menunjukkan bahwa komposit memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan beban tarik dan deformasi dibandingkan variasi perlakuan lainnya.

Peningkatan sifat mekanik tersebut menunjukkan bahwa serat tebu memiliki potensi sebagai material penguat alternatif pada komposit berbasis polyester. Serat tebu merupakan limbah hasil pengolahan tebu yang jumlahnya melimpah dan selama ini sebagian besar belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan penguat komposit, tidak hanya diperoleh material yang memiliki sifat mekanik yang baik, tetapi juga meningkatkan nilai tambah limbah pertanian serta mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

Perlakuan alkali berperan penting dalam meningkatkan kualitas material. Larutan NaOH mampu mengurangi kandungan lignin, hemiselulosa, lilin, dan kotoran pada permukaan serat sehingga permukaan serat menjadi lebih kasar. Permukaan yang lebih kasar meningkatkan ikatan mekanis (*mechanical*

interlocking) antara serat dan matriks polyester, sehingga beban yang diterima material dapat ditransfer lebih efektif dari matriks ke serat. Kondisi tersebut tercermin pada peningkatan nilai tegangan tarik dan modulus elastisitas, terutama pada spesimen dengan waktu perendaman 9 jam, yang menunjukkan kualitas ikatan antarmuka paling baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Material komposit polyester berpenguat serat tebu berhasil dibuat menggunakan komposisi 60% resin polyester dan 40% serat tebu serta dibentuk menjadi spesimen uji tarik sesuai standar ASTM E8. Seluruh spesimen dapat diuji sehingga diperoleh data tegangan tarik, regangan, dan modulus elastisitas sebagai parameter sifat mekanik material.
2. Berdasarkan hasil pengujian tarik, perendaman alkali selama 9 jam merupakan kondisi terbaik karena menghasilkan nilai tegangan tarik dan modulus elastisitas tertinggi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perlakuan alkali selama 9 jam mampu meningkatkan kualitas permukaan serat sehingga ikatan antarmuka (*interfacial bonding*) antara serat tebu dan matriks polyester menjadi lebih baik. Ikatan yang lebih baik menyebabkan beban tarik dapat ditransfer secara lebih efektif dari matriks ke serat sehingga kemampuan material dalam menahan beban tarik meningkat.
3. Variasi waktu perendaman serat tebu menggunakan larutan NaOH 5% berpengaruh terhadap karakteristik tarik komposit polyester. Pengaruh tersebut ditunjukkan oleh perubahan nilai tegangan tarik, regangan, dan modulus elastisitas pada setiap variasi waktu perendaman. Namun, peningkatan sifat mekanik yang terjadi tidak bersifat linier, melainkan mengalami fluktuasi pada setiap variasi perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa lama waktu perendaman menjadi salah satu faktor yang menentukan kualitas ikatan antara serat dan matriks.

5.2 Saran

Adapun saran yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Pada proses pembuatan spesimen perlu diperhatikan keseragaman distribusi serat, pencampuran resin dan katalis, serta pengurangan rongga udara (*void*)

agar diperoleh spesimen yang lebih homogen dan hasil pengujian yang lebih konsisten.

2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi konsentrasi NaOH selain 5% untuk mengetahui pengaruh konsentrasi alkali terhadap peningkatan sifat mekanik komposit.
3. Selain pengujian tarik, perlu dilakukan pengujian mekanik lainnya seperti pengujian lentur, pengujian impak, dan pengujian struktur mikro (SEM) sehingga karakteristik material komposit dapat diketahui secara lebih menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksar, P., Kadir, A., & Balaka, R. (2022). Analisa Kekuatan Tarik Bahan Komposit Polimer Resin Poliester Berpenguat Serat Tebu. *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, 13(2), 82.
- Azmi, H. (2019). *KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT KARBON DIBUAT MENGGUNAKAN PROSES NO OVEN NO AUTOCLAVE METODE ULTRAVIOLET CURING*. Universitas Islam Indonesia.
- Diharjo, K. (2006). Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami-polyester. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), 8–13.
- Diharjo, K. (2008). No Title. *Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit. Jurnal Teknik Mesin*.
- Fiqri, A., Yudo, H., & Budiarto, U. (2017). Analisa Teknis Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas (Smooth Cayenne) Dan Serat Ampas Tebu (Saccharum Officinarum L) Sebagai Alternatif Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Bending Dan Impact. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(2).
- HERMAWATI, H. (2018). *Pengaruh pemberian air tebu sebelum latihan terhadap kadar glukosa darah pada atlet BKMF Bulutangkis BEM FIKUNM*. Universitas Negeri Makassar.
- Indonesia, D. P. (2015). *Statistik perkebunan Indonesia*. Sagu.
- Indrawanto, C., Purwono, S., Syakir, M., & Rumini, W. (2010). Budidaya dan pasca panen tebu. *ESKA Media. Jakarta*.
- Karyono, S. (1991). Komposit Andalan Bahan Masa Depan. *Cakrawala Pendidikan*, 95478.
- Li-An'Amie, N. L., & Nugraha, A. (2014). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Melalui Desain Produk Perlengkapan Rumah. *Product Design*, 3(1), 180028.
- Napitupulu, A. M., Yudo, H., & Jokosiworo, S. (2018). Analisa Teknik Penggunaan Serat Pandan Wangi Dan Serat Ampas Tebu Dengan Filler Serbuk Gergaji Kayu Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Di Tinjau Dari Kekuatan Lentur Dan Tekan. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1).
- Nurchayanto, H. (2018). Evaluasi Sifat Mekanik High Density Polyethylene Yang diisi Serat Batang Pisang dan Partikel Zeolit ALam. *TRAK SI*, 18(2), 78–95.

- Putra, N. A. E. (2019). *Klasifikasi Kematangan Tebu berdasarkan tekstur batang menggunakan metode Naïve Bayes*. Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Raliannoor, R., & Rahmalina, D. (2020). Pengaruh Fraksi Volume Penguat 2, 2, 5 Dan 3% Serat Bambu Haur Dan Fiberglass Terhadap Kekuatan Tarik Matriks Poliester. *INFO-TEKNIK*, 20(2), 141–154.
- Ridhoi, R. (2021). Ada yang manis di timur nusantara? Kosmopolitanisme tanaman tebu dalam historiografi Indonesia. *Sejarah Dan Budaya: Jurnal Sejarah, Budaya, Dan Pengajarannya*, 15(1), 164–182.
- Sastranegara, A. (2009). Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam. *Situs Informasi Mekanika, Material, Dan Manufaktur*, 1, 1–5.
- Shabiri, A. N., Ritonga, R. S., & Ginting, M. H. S. (2014). Pengaruh rasio epoksi/ampas tebu dan perlakuan alkali pada ampas tebu terhadap kekuatan bentur komposit partikel epoksi berpengisi serat ampas tebu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(3), 28–31.
- Sulaiman, M., & Rahmat, M. H. (2018). Kajian potensi pengembangan material komposit polimer dengan serat alam untuk produk otomotif. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*.
- Swadaya, P. (2000). Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan. (*No Title*).
- Taruna, D. S., Budiarto, U., & Rindo, G. (2024). ANALISA PENGARUH VARIASI KUAT ARUS GOUGING SAMBUNGAN PENGELASAN SMAW PADA BAJA SS400 TERHADAP KEKUATAN UJI TARIK, IMPAK, DAN STRUKTUR MIKRO. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 12(3).
- Ummah. (2019). Karakteristik dimensi dan daya serap air pada komposit berbasis fiberglass dan resin. *Ilmu Dan Teknologi Material*, 11 (1), 38–45.
- Wibowo, N. Y., & Tyasmoro, S. Y. (2019). Kajian Aplikasi Mulsa Seresah Tebu Terhadap Kadar Air Tanah dan Pengaruhnya pada Pertumbuhan Batang Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *J. Prod. Tan.*, (7), 7, 1173–1180.
- Widiarta, I. W., Nugraha, I. N. P., Dantes, K. R., & Pendidikan, J. (2017). Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru (*Hibiscus Tiliaceust*) Dengan Matrik Polyester. *Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin (JJPTM)*, 8(2).
- Yasin, I., & Soumi, A. I. (2025). STUDI NUMERIK PENGARUH LEBAR

SPESIMEN TERHADAP SIFAT TARIK AISI 1010 MENGACU PADA ASTM E8. *CivETech: Civil Engineering and Technology Journal*, 7(2).

Yudo, H., & Jatmiko, S. (2008). Analisa teknis kekuatan mekanis material komposit berkuat serat ampas tebu (baggase) ditinjau dari kekuatan tarik dan impak. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan*, 5(2), 95–101.

ZANUARDI, M. (2018). *KLASIFIKASI KEMATANGAN TEBU BERDASARKAN TEKSTUR BATANG MENGGUNAKAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR (KNN)*. Universitas Muhammadiyah Gresik.



LABORATORIUM TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Nama Mahasiswa : Maghdafiqia Arya Pradifita

Kampus : UMSU

Jenis Pengujian : Uji Tarik

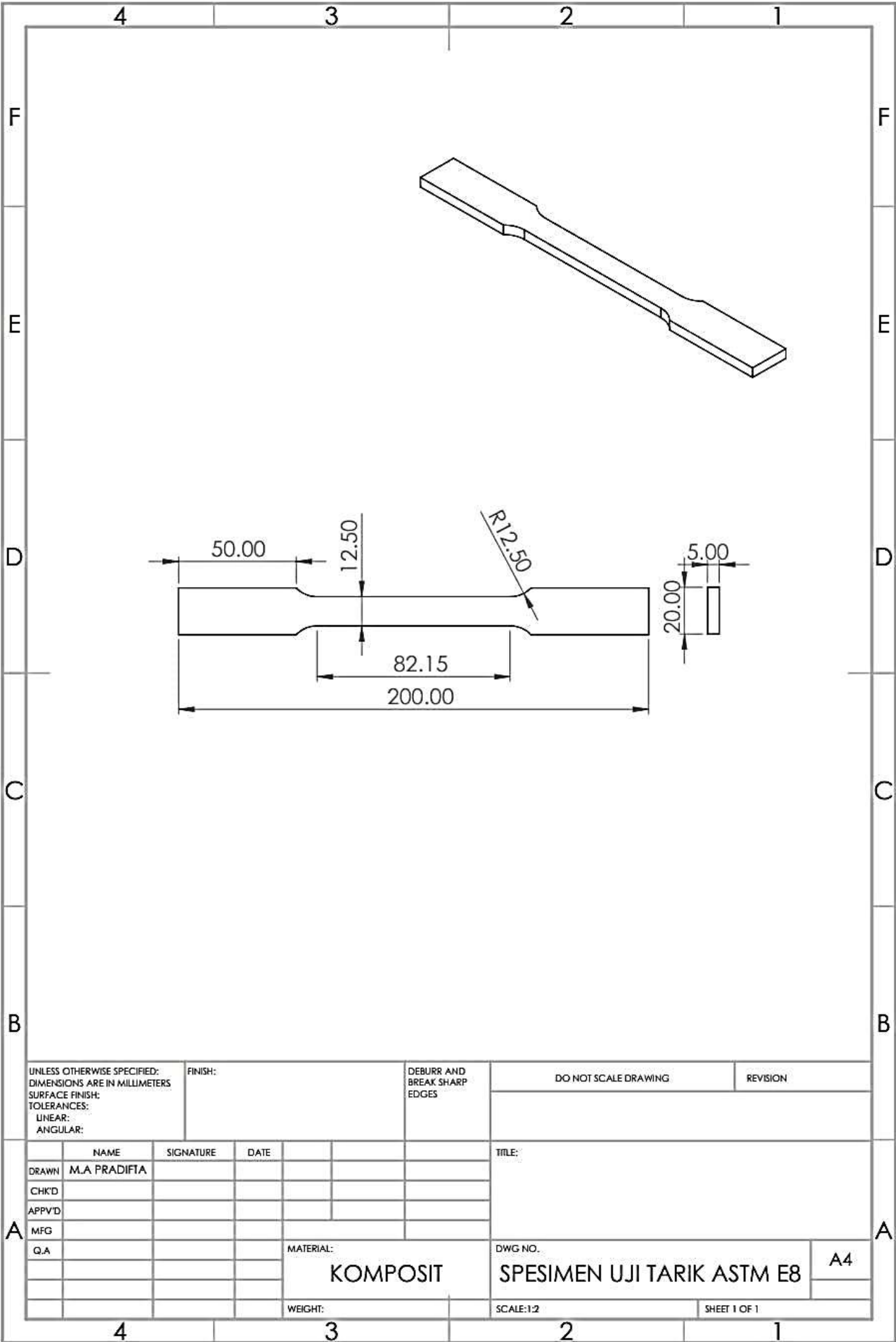
NPM : 2207230106

Tanggal uji : 15 - 07 - 2026

No	Kode Spesimen	Lebar (W)		Tebal (T)		Luas (A)		Panjang Awal (Lo)		Panjang Akhir (Li)		Perubahan Panjang (ΔL)		Fy		Fu		Ty	Tu	e
		mm	mm	mm	mm	mm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	N	N	N	N	N/mm ²	N/mm ²	%
1	Tanpa Perlakuan Alkali	20.00	5.00	100	82.15	83.08	0.93							600	0.00	6.00	1.13			
2	Perendaman 1 Jam	20.00	5.00	100	82.15	83.24	1.09							450	0.00	4.50	1.33			
3	Perendaman 3 Jam	20.00	5.00	100	82.15	83.27	1.12							550	0.00	5.50	1.36			
4	Perendaman 5 Jam	20.00	5.00	100	82.15	83.14	0.99							550	0.00	5.50	1.21			
5	Perendaman 7 Jam	20.00	5.00	100	82.15	83.73	1.58							600	0.00	6.00	1.92			
6	Perendaman 9 Jam	20.00	5.00	100	82.15	82.83	0.68							700	0.00	7.00	0.83			

Keterangan: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $F_y = \text{gaya luluh}$, $F_u = \text{gaya maks}$
 $\sigma_y = \text{tegangan luluh}$, $\sigma_u = \text{tegangan tarik}$, $\epsilon = \text{regangan}$.





LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Kekuatan Tarik Material Komposit Polyester
Berpenguat Serat Tebu
Nama : Maghdafiqia Arya Pradifta
NPM : 2207230106
Dosen Pembimbing : Iqbal Tanjung, S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Sabtu, 8/11/2025	Perbaiki Format	f
2.	Kamis, 20/11/2025	Perbaiki BAB I	f
3.	Sabtu, 6/12/2025	Perbaiki BAB III	f
4.	Rabu, 10/12/2025	Acc Sempuro	f
5.	Jumat, 17/7/2026	Perbaiki Format	f
6.	Selasa, 4/8/2026	Perbaiki BAB IV	f
7.	Jumat, 7/8/2026	Acc Semhas	f
Acc Riday f			

Dosen Pembimbing



Iqbal Tanjung, S.T., M.T.



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Pp/PT/III/2024

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [fumsu](#) [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#)

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 2175/II.3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik MESIN Pada Tanggal 29 Oktober 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : MAGHDAFIQIA ARYA PRADIFTA
Npm : 2207230106
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KEKUATAN TARIK MATERIAL KOMPOSIT
POLYESTER BERPENGUAT SERAT TEBU

Pembimbing : IQBAL TANJUNG ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN .
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 07 Jumadil Awal 1447 H
29 Oktober 2025 M

Dekan



[Signature]
Ir. Ade Faisal, ST., M.Sc., Ph.D
NIDN: 0123097203



DAFTAR HADIR SEMINAR TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2025-2026

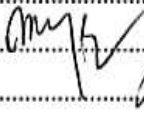
Nama : Maghdafiqia Arya Pradita
NPM : 2207230106
Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Tarik Material Komposit Polyester Berpennguat Serat Tebu

TANDA TANGAN TIM DOSEN PENGUJI:

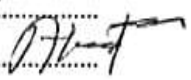
Pembimbing - I : Iqbal Tanjung S.T., M.T.

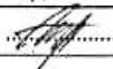
:

Pembanding - I : Muhammad Yani, S.T., M.T.

: 

Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2207230028	RASYA DWI YANDA	1. 
2	2207230066	MUHAMMAD NURAZMI	2. 
3	2107230088	Reza Ambani	3. 
4	2107230094	MUHAMMAD ACHYARI MUKTI SIREGAR	4. 
5			5.
6			6.
7			7.
8			8.
9			9.
10			10.

Medan, 15 Agustus 2026
Ketua Prodi. Teknik Mesin


(.....)

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Maghdafiqia Arya Pradifta
NPM : 2207230106
Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Tarik Material Komposit Polyester Berpennguat Serat Tebu
Dosen Pembimbing - I : Iqbal Tanjung S.T., M.T.
Dosen Pembanding - I : Muhammad Yani, S.T., M.T.
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

- [] 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
[✓] 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan
[] 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

lihat pd draf skripsi, bagian-bagian yg harus direvisi.

Diketahui:

Ketua Prodi. Teknik Mesin


(.....)

Medan, 15 Agustus 2026

Dosen Pembanding - I


Muhammad Yani, S.T., M.T.

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Maghdafiqia Arya Pradifta
NPM : 2207230106
Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Tarik Material Komposit Polyester Berpennguat Serat Tebu
Dosen Pembimbing - I : Iqbal Tanjung S.T., M.T.
Dosen Pembanding - I : Muhammad Yani, S.T., M.T.
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

- [] 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
[x] 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan
[] 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

perbaiki Bab 4, tambahkan dokumentasi
hasil awal hingga akhir

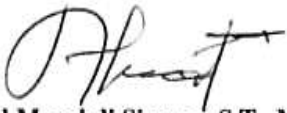
Diketahui:

Ketua Prodi. Teknik Mesin

(.....)

Medan, 15 Agustus 2026

Dosen Pembanding - II


Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Maghdafiya Arya Pradifta
Npm : 2207230106
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : R. Sialang Tengah, 30 Maret 2004
Agama : Islam
Alamat : Dsn II R Sialang Tengah
Kel/Desa : Rambung Sialang Tengah
Kecamatan : Sei Rampah
Kabupaten : Serdang Bedagai
Provinsi : Sumatera Utara
E-mail : maghdafiyaaryapradifta@gmail.com
No. Handphone : 082372768087
Moto Hidup : Keberhasilan bukanlah milik orang pintar,
keberhasilan adalah milik mereka yang
senantiasa berusaha
(B.J. Habibie)

RIWAYAT PENDIDIKAN

SD Negeri No. 106212 Rambung Sialang	Tahun 2010-2016
MTs TPI Rambung Sialang	Tahun 2016-2019
SMK Negeri 2 Sei Rampah	Tahun 2019-2020
SMK Swasta Karya Setia Pegajahan	Tahun 2020-2022
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Tahun 2022-2026