

TUGAS AKHIR

**KARAKTERISTIK BENTUK PATAH MATERIAL KOMPOSIT RESIN
POLYESTER BERPENGUAT SERAT TEBU**

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

Disusun Oleh:

FERNANDO WIBOWO
2207230036



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

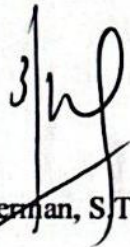
Nama	: Fernando wibowo
NPM	: 2207230036
Program Studi	: Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir	: Karakteristik Bentuk Patah Material Komposit Resin <i>Polyester</i> Berpenguat Serat Tebu
Bidang ilmu	: Konstruksi Material & Manufaktur

Telah berhasil di hadapkan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang di perlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik ada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Agustus 2026

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Dr. Suherman, S.T., M.T

Dosen Penguji II



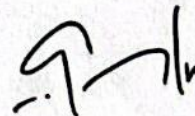
Arya Rudi Nasution, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Iqbal Tanjung, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



Chandra A Siregar, S.T., MT

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PROPOSAL TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fernando Wibowo
Tempat/Tanggal lahir : Cikampak/ 24 Desember 2003
NPM : 2207230036
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Tugas Akhir yang berjudul,

“ KARAKTERISTIK BENTUK PATAH MATERIAL KOMPOSIT RESIN 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 kemungkinan lain, yang ada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang di bentuk untuk Melakukan versifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan keserjanaan saya.

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

Medan, 18 Agustus 2026

Saya, yang menyatakan



Fernando Wibowo

ABSTRAK

Material komposit berbasis serat alam merupakan salah satu alternatif material teknik yang memiliki keunggulan berupa ringan, ramah lingkungan, mudah diperoleh, dan relatif ekonomis. Serat ampas tebu merupakan limbah pertanian yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan penguat komposit karena ketersediaannya yang melimpah dan kandungan selulosa yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik bentuk patahan serta menganalisis pengaruh variasi waktu perendaman serat ampas tebu dalam larutan alkali NaOH terhadap kemampuan menyerap energi impact pada material komposit resin polyester. Tinjauan pustaka dalam penelitian ini meliputi karakteristik serat ampas tebu, material komposit, resin polyester, perlakuan alkali NaOH, dan pengujian impact. Metode penelitian dilakukan dengan menggunakan serat ampas tebu sebagai penguat dan resin polyester sebagai matriks. Serat diberi perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH 5% dengan variasi waktu perendaman 1, 3, 5, 7, dan 9 jam, serta dibandingkan dengan spesimen tanpa perlakuan. Spesimen dibuat sesuai standar ASTM E23 dengan ukuran 55 mm × 10 mm × 10 mm dan takikan 2 mm, kemudian dilakukan pengujian impact menggunakan metode Charpy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai energi impact tanpa perlakuan sebesar 3,470 Joule, sedangkan pada perendaman 1, 3, 5, 7, dan 9 jam berturut-turut sebesar 3,816 Joule, 4,687 Joule, 5,937 Joule, 11,005 Joule, dan 7,225 Joule. Nilai energi impact tertinggi diperoleh pada waktu perendaman 7 jam sebesar 11,005 Joule. Pengamatan bentuk patahan menunjukkan adanya karakteristik patahan getas dan ulet, dengan permukaan patahan yang lebih kasar pada spesimen dengan kemampuan penyerapan energi yang lebih tinggi. Perendaman NaOH yang terlalu lama cenderung menyebabkan penurunan kemampuan serat dalam menahan beban akibat kemungkinan terjadinya kerusakan struktur serat. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan alkali NaOH 5% berpengaruh terhadap nilai energi impact dan karakteristik bentuk patahan komposit resin polyester berpenguat serat ampas tebu, dengan kondisi terbaik berdasarkan hasil pengujian diperoleh pada waktu perendaman 7 jam.

Kata kunci: Komposit, serat ampas tebu, resin polyester, perlakuan alkali NaOH, uji impact Charpy, karakteristik patahan.

ABSTRAC

Natural fiber-based composite materials are an alternative engineering material that offers advantages such as being lightweight, environmentally friendly, readily available, and relatively economical. Sugarcane bagasse fiber is an agricultural waste material that has the potential to be used as a reinforcement in composite materials due to its availability and relatively high cellulose content. This study aims to identify the fracture characteristics and analyze the effect of different soaking times of sugarcane bagasse fibers in an alkaline NaOH solution on the impact energy absorption capability of polyester resin composite materials. The literature review covers the characteristics of sugarcane bagasse fiber, composite materials, polyester resin, NaOH alkaline treatment, and impact testing. The research method used sugarcane bagasse fiber as reinforcement and polyester resin as the matrix. The fibers were treated with a 5% NaOH solution using soaking times of 1, 3, 5, 7, and 9 hours and compared with untreated specimens. The specimens were manufactured according to the ASTM E23 standard with dimensions of 55 mm × 10 mm × 10 mm and a 2 mm notch, followed by Charpy impact testing. The results showed that the impact energy value of the untreated specimen was 3.470 Joules, while the specimens soaked for 1, 3, 5, 7, and 9 hours obtained impact energy values of 3.816 Joules, 4.687 Joules, 5.937 Joules, 11.005 Joules, and 7.225 Joules, respectively. The highest impact energy value was obtained at a soaking time of 7 hours, with a value of 11.005 Joules. Observation of the fracture surfaces showed both brittle and ductile fracture characteristics, with rougher fracture surfaces observed in specimens with higher energy absorption capability. Excessively long NaOH soaking times tended to reduce the ability of the fibers to withstand impact loads, possibly due to damage to the fiber structure. Based on the results, it can be concluded that 5% NaOH alkaline treatment affects the impact energy and fracture characteristics of polyester resin composites reinforced with sugarcane bagasse fiber, with the best condition based on the impact test obtained at a soaking time of 7 hours.

Keywords: Composite, sugarcane bagasse fiber, polyester resin, NaOH alkaline treatment, Charpy impact test, fracture characteristics.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul *“Karakteristik Bentuk Patah Material Komposit Resin Polyester Berpenguat Serat Tebu”*.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Iqbal Tanjung S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulisan yang selalu memberikan masukan, motivasi, serta ilmu yang bermanfaat bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kepada Bapak Chandra A Siregar S.T., M.T, Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Kepada Bapak Ahmad Marabdi S.T., M.T, Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Kepada Bapak Ade Faisal S.T,M.Sc,Ph.D, selaku 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 mesinan kepada penulis.
6. Persembahan tulus untuk Ayah dan Ibuku, puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memilih saya untuk dilahirkan dari rahim seorang ibu yan mulia dan dibesarkan oleh seorang ayah yang hebat. Skripsi ini secara khusus saya persembahkan kepada kedua orang tua saya, Eswin Wibowo dan Kartini, yang telah memeberikan dukungan finansial, spritual, dan moral yag tak pernah putus sejak saya mengenal bangku sekolah hingga tuntasnya pendidikan tinggi ini. Terimakasih telah mengajari arti ketekunan, kesabaran, dan kejujuran. Setiap teguran adalah pelajaran, dan setiap senyuman adalah penyemangat. sehingga penulis merasa terdukung disegala.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis: Maghdafiqia Arya Pradifta, Rasya Dwi Yanda, Adam Ramadhan, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Proposal 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 Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 18 Agustus 2026



Fernando Wibowo

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PROPOSAL TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	5
1.3 Ruang lingkup	5
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat	5
BAB 2 TINJAUAN MASALAH	7
2.1 Tanaman tebu (<i>Saccharum Officinarum L.</i>)	7
2.1.1 Klasifikasi tanaman tebu	8
2.1.2 Produksi tebu di Indonesia	8
2.2 Serat ampas tebu	9
2.2.1 Karakteristik Serat Ampas Tebu	10
2.2.2 Kandungan Kimia Serat Ampas Tebu	10
2.3 Komposit	12
2.4 Material penyusun komposit	13
2.4.1 Filler	15
2.4.2 Matriks	15
2.4.3 Klasifikasi komposit	15
2.5 Jenis-jenis susunan pada serat	20
2.6 Perlakuan alkali (NaOH)	22
2.7 Resin <i>polyester</i>	24
2.7.1 Karakteristik Resin <i>Polyester</i>	24
2.7.2 Proses Curing Resin <i>Polyester</i>	24
2.7.3 Penggunaan Resin <i>Polyester</i> pada Komposit Serat Alam	25
2.8 Uji impak	26
2.9 Kekuatan uji impak	29
2.9.1 Standar ASTM E23	30
2.9.2 Jenis-jenis metode impak	32
BAB 3 METODE PENELITIAN	34
3.1 Tempat dan Waktu	34
3.2 Bahan dan Alat	35
3.2.1 Bahan	35
3.2.2 Alat spesimen	38
3.3 Bagan Alir Penelitian	45
3.4 Perancangan alat penelitian	46
3.5 Prosedur penelitian	46
3.6 Prosedur Pembuatan Serat Ampas Tebu	47
3.7 Pembuatan Material Komposit	52
3.8 Proses Pengujian Impak	54

3.9 Variabel Penelitian	55
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1 Spesimen Hasil Pengujian Impak	56
4.2 Hasil Perhitungan Uji Impak	58
4.3 Pembahasan	68
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 saran	72
DAFTAR PUSTAKA	
Lampiran 1. Sk Pembimbing	
Lampiran 2. Lembar Asistensi	
Lampiran 3. Berita Acara Siminar Hasil Penelitian	
Lampiran 4. DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu kegiatan penelitian	34
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Impak	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Tebu (<i>Saccharum Officinarum L.</i>)	7
Gambar 2.2 Ampas tebu	9
Gambar 2.3 Serat Tebu	11
Gambar 2.4 Komposit	13
Gambar 2.5 Komposit Partikel	17
Gambar 2.6 Komposit Serat	17
Gambar 2.7 Komposit Lapis	18
Gambar 2.8 Komposit <i>sandwich</i>	20
Gambar 2.9 Susunan komposit serat	21
Gambar 2.10 Perlakuan alkali	22
Gambar 2.11 Penggunaan Resin Polyester pada Komposit Serat Alam	25
Gambar 2.12 Dimensi pengujian impak	26
Gambar 2.13 Pengujian impak	27
Gambar 2.14 Patahan uket (<i>Ductile Fracture</i>)	28
Gambar 2.15 Patahan getas (<i>Brittle Fracture</i>)	29
Gambar 2.16 Sempel uji impak	29
Gambar 2.17 Mesin uji impak	30
Gambar 2.18 Posisi spesimen pada uji impak metode <i>charpy</i>	32
Gambar 2.19 Posisi spesimen pada uji impak metode <i>izod</i>	33
Gambar 3.1 Serat Ampas Tebu	35
Gambar 3.2 <i>Moldrealse wax</i>	35
Gambar 3.3 Alkali NaOH	36
Gambar 3.4 Resin <i>Polyester</i>	36
Gambar 3.5 Katalis	37
Gambar 3.6 <i>Aquadest</i>	37
Gambar 3.7 Timbangan Digital	38
Gambar 3.8 Cetakan Bahan	38
Gambar 3.9 Jangka Sorong	39
Gambar 3.10 Wadah	39
Gambar 3.11 Sarung Tangan	40
Gambar 3.12 Pisau	40
Gambar 3.13 Sendok	41
Gambar 3.14 Gunting	41
Gambar 3.15 Kuas	42
Gambar 3.11 Kertas pasir	42
Gambar 2.16 Wadah pengaduk	43
Gambar 2.18 Stik eskrim	43
Gambar 3.15 Mesin Uji Impak <i>charpy</i>	44
Gambar 3.16 Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 3.17 Spesimen Uji Impak	46
Gambar 3.18 Serat ampas tebu yang sudah dikeringkan	47
Gambar 3.19 Pemisahan serat ampas tebu	47
Gambar 3.20 Penimbangan air RO	48
Gambar 3.21 Wadah yang berisi 5 liter air RO	48
Gambar 3.22 Penuangan NaOH dan Pengadukan NaOH	49
Gambar 3.23 meletakkan serat ke dalam wadah kosong	49

Gambar 3.24 Penuang NaOH ke wadah yang berisi serat	50
Gambar 3.25 Proses perendaman	50
Gambar 3.26 Penuangan dan pencucian serat	51
Gambar 3.27 Penjemuran serat	51
Gambar 3.28 Persiapan serat	52
Gambar 3.29 Penimbangan serat	52
Gambar 3.30 Persiapan pencetakan	53
Gambar 3.31 Pencampuran resin <i>polyester</i> dengan katalis dan penuangan	53
Gambar 3.32 Hasil dari pencetakan material komposit	54
Gambar 4.1 Spesimen sebelum penujian impak <i>charpy</i>	56
Gambar 4.2 Spesimen sesudah penujian impak <i>charpy</i>	57
Gambar 4.3 $\cos \alpha =$ sudut awal 130°	58
Gambar 4.4 $\cos \beta =$ sudut akhir 121°	59
Gambar 4.5 Grafik hasil dari nilai rata-rata pengujian	67

DAFTAR NOTASI

$$E = m.g.R (\cos \beta - \cos \alpha)$$

E = energi impak (joule)

m = masa pendulum (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

r = panjang lengan pendulum

$\cos \beta$ = sudut akhir

$\cos \alpha$ = sudut awal

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan material teknik terutama komposit polimer yang meliputi bahan-bahan baru (*high-tech materials*), proses manufaktur dan aplikasi teknik dekade ini menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Masalah yang timbul seiring dengan perkembangan teknologi bahan komposit polimer tersebut adalah bagaimana memanfaatkan bahan-bahan yang sumber tersedianya cukup banyak yang mampu diregenerasikan untuk mengantisipasi krisis bahan terutama jenis plastik polimer dimana tersedianya sumber bahan dipengaruhi oleh sumber minyak bumi yang tidak bisa diperbaharui. Selain itu kebutuhan material yang berkualitas juga menjadi tantangan tersendiri. Salah satu bentuk peningkatan kualitas ialah rekayasa material bahan untuk mendapatkan hasil sesuai yang diharapkan. Hal ini dilakukan guna meningkatkan daya tahan material agar mampu memenuhi kinerja mesin yang dibuat. Bentuk rekayasa itu sendiri bervariasi, salah satunya adalah merekayasa bahan baku dari material itu sendiri. Material komposit ini juga dapat menjawab tantangan akan kebutuhan material logam yang semakin meningkat. Hal ini dikarenakan penggunaan material logam yang semakin luas pada setiap lini kehidupan manusia, seperti dituliskan oleh Istiqlaliyah, 2021 (Nusyirwan Nusyirwan, 2025).

Material komposit merupakan pencampuran dari dua atau lebih material yang berbeda lalu dikombinasikan dari gabungan antara serat dan matriks guna untuk memperoleh sifat mekanis yang lebih baik. Serat material dapat diartikan sebagai penguat dimana serat juga memiliki ukuran yang kecil, namun memiliki fleksibilitas yang baik serta kekuatan dalam pembebanan yang tinggi. Dalam segi arah pembebanannya serat memiliki arah pembebanan di berbagai arah. Terdapat beberapa tipe dalam serat salah satunya adalah serat dengan pembuatan dari alam. Serat alam merupakan susunan dari serat alami yang didapat dari serat yang biasa ditemukan dalam tumbuhan maupun hewan. Bahan utama dalam pembuatan material komposit adalah *polyester* tak jenuh yang merupakan polimer berasal dari turunan minyak bumi yang banyak digunakan sebagai matrik dasar untuk membentuk material komposit yang akan digabung dengan serat alam. (Nusyirwan Nusyirwan, 2025).

Material yang dipilih peneliti serat ampas tebu, adalah salah satu serat alam yang paling banyak ditemukan di Indonesia. Kegiatan pasca panen dan pengolahan hasil pertanian dan perkebunan, yang mencakup pemanfaatan produk samping dan sisa pengolahannya, masih kurang optimal. Jumlah ampas tebu yang dihasilkan dalam industri pengolah tebu menjadi gula dapat mencapai 90% dari tebu yang diolah. Selama ini, ampas tebu hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler, pupuk organik, pakan ternak, dan partikel board, tetapi bernilai ekonomi rendah. Namun, jika serat ampas tebu digunakan sebagai penguat material komposit, itu akan sangat bermanfaat untuk mengurangi limbah industri, terutama industri gula di Indonesia yang belum mengoptimalkan efisiensi produksinya. Serat ampas tebu yang mempunyai sifat mekanik yang cukup baik, tidak korosif, low density, harga yang relatif murah dan ramah lingkungan (Jeecae et al., 2025)

Teknologi material komposit menjadi berkembang digunakan pada beberapa industri seperti pada industri otomotif, penerbangan, kelautan dan konstruksi. Komposit merupakan material yang terbuat dari pencampuran dua atau lebih material yang mempunyai sifat mekanik lebih kuat dari material dasarnya. Terdapat dua material penyusun dari komposit yaitu matrik berfungsi sebagai pengikat komposit dan filler berfungsi sebagai penguat komposit. Peningkatan sifat mekanik komposit serat alam dapat dilakukan dengan perlakuan kimia. Matrik digunakan dalam komposit dipilih yang mempunyai ketahanan panas tinggi. Serat sebagai material penguat komposit terdiri dari serat sintetis dan serat alam. Komposit menggunakan berpenguat serat merupakan salah satu jenis komposit paling banyak dikembangkan. Beberapa industri dalam produksinya masih banyak yang menggunakan serat sintetis seperti serat gelas (GFRP) dengan tujuan mereduksi penggunaan material logam.

Komposit dengan berpenguat serat alam mempunyai kekuatan 40% lebih kuat serta lebih ringan dibandingkan komposit serat gelas. Proses manufaktur komposit berpenguat serat alam mempunyai keuntungan relatif murah serta ramah terhadap lingkungan. Oleh karena itu, material komposit serat alam dapat diproyeksikan menjadi material alternatif pengganti komposit serat sintetis. Disisi lain peningkatan konsep back to nature semakin dikembangkan dan ditingkatkan.

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum L.*) merupakan tanaman penghasil gula utama dan gula adalah salah satu bahan pangan penting kebutuhan pokok masyarakat Indonesia. Tanaman tebu membutuhkan unsur hara yang tinggi, maka persediaan unsur hara dalam tanah relatif cepat berkurang sehingga diperlukan praktek manajemen hara tanah yang baik, salah satunya dengan pengaturan pupuk. Aplikasi dan perlakuan berbagai pupuk yang efektif merupakan persyaratan penting untuk mencapai hasil panen yang optimal. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui respon tanaman tebu pada perlakuan dosis pupuk anorganik terhadap fase pertumbuhan hingga fase panen (Sugur et al., 2024).

Tanaman tebu memiliki ukuran batang dan warna yang berlainan. Tebu termasuk tanaman berbiji tunggal yang tingginya sekitar 2 sampai 4 meter. Batang tebu memiliki banyak ruas yang setiap ruasnya dibatasi oleh buku-buku sebagai tempat tumbuhnya daun. Bentuk daunnya berupa pelepah dengan panjang mencapai 1-2 meter dan lebar 4-8 cm. permukaan daunnya kasar dan berbulu. Bunga tebu berupa bunga mejemuk dengan bentuk menjuntai di puncak, tebu mempunyai akar tersebut. Tebu dari perkebunan diolah menjadi gula di pabrik gula. Dalam proses produksi gula, dari setiap yang di proses dihasilkan ampas tebu sebesar 90%, gula yang di manfaatkan hanya 5% dan sisanya berupa tetes tebu (*molase*) dan air.

Pemanfaat serat tebu di Indonesia yang belum banyak dimanfaatkan menyebabkan limbah serat tebu hanya terbuang dan akan dibakar dengan begitu saja. Dengan potensi serat tebu yang melimpah di Indonesia tentu membuka peluang untuk memanfaatkan limbah serat tebu. Peneliti melakukan pemanfaatan limbah serat tebu untuk dijadikan sebagai salah satu bahan dasar dalam pembuatan cangkang helm (Nugroho et al., 2024).

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 ligno cellulose. Panjang seratnya antara 1,7-2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro, sehingga ampas tebu ini dapat memenuhi persyaratan untuk diolah menjadi papan-papan buatan (Shabiri et al., 2022).

Bahan komposit menunjukkan artian bahwa dua atau lebih material digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang berbeda. Material-material yang berbeda dapat digabung dalam skala mikroskopis seperti memadukan logam. Bila suatu komposit dirancang dengan baik maka akan memberikan kualitas yang bagus daripada komponen atau konstituen penyusunnya. Beberapa sifat yang dapat dikembangkan dengan membentuk bahan komposit yaitu : kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*), tahanan korosi (*corrosion resistance*), tahanan aus (*wear resistance*), daya pikat (*attractiveness*), berat, periode lelah (*fatigue life*), sifat ketergantungan *dependent behavior*, suhu (temperatur insulasi termal, konduktivitas termal, dan insulasi akustik (*acoustical insulation*)) (Shabiri et al., 2022).

Dalam penggunaanya komposit serat alam telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi seperti komponen otomotif, komponen pesawat terbang dan peralatan olahraga.

Penggunaan dan manfaat material komposit dewasa ini semakin berkembang, seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan tersebut yang semakin meluas mulai dari sederhana seperti alat-alat rumah tangga sampai sektor industri baik industri skala kecil naupun industri skala besar. Komposit mempunyai keunggulan sendiri dibandingkan dengan bahan teknik alternatif seperti kuat, ringan, tahan korosi, serta ekonomis (Nurhidayat, A., 2022).

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa serat ampas tebu memiliki potensi sebagai bahan penguat komposit karena sifatnya yang ringan, ramah lingkungan, mudah diperoleh, dan memiliki sifat mekanik yang cukup baik. Selain itu, perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH diketahui dapat meningkatkan kualitas permukaan serat melalui penghilangan lignin, hemiselulosa, dan kotoran yang menempel sehingga ikatan antara serat dan matriks menjadi lebih baik.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi perendaman pada serat tebu yang telah dilakukan perlakuan alkali NaOH.
2. Bagaimana pengaruh variasi perendaman serat tebu terhadap sifat mekanis uji impak pada material komposit.

1.3 Ruang lingkup

Pada penelitian ini penulis membatasi masalah, yaitu sebagai berikut:

1. pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian impak berbahan komposit berpenguat serat tebu yang telah dilakukan perlakuan alkali.
2. Pada penelitian ini menggunakan serat tebu sebagai penguat komposit.
3. Matrik sebagai bahan pengikat yang digunakan adalah resin polyester.
4. Variasi perendaman serat yang di gunakan adalah 1,3,5,7 dan 9 jam.
5. Ukuran spesimen sesuai standar ASTM E23 dengan dimensi 55mm x 10mm dengan kedalaman takik 2mm dan bersudut 45°.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi karakteristik bentuk patahan yang terjadi pada spesimen komposit setelah dilakukan pengujian impak *Charpy* sesuai standar ASTM E23.
2. Menganalisis pengaruh variasi waktu perendaman serat ampas tebu dalam larutan NaOH 1,3,5,7, dan 9 jam pada material komposit serat ampas tebu.

1.5 Manfaat

Penelitian ini dibatasi pada:

1. Menambah pengetahuan mengenai pembuatan material komposit berbahan serat ampas tebu.
2. Menambah pengalaman dalam proses pembuatan spesimen dan pelaksanaan uji impak.

3. Meningkatkan pemahaman tentang karakteristik mekanik komposit berbasis serat alam.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tebu (*Saccharum Officinarum L.*)

Tebu adalah tanaman penghasil gula yang menjadi salah satu sumber karbohidrat. Tanaman ini sangat dibutuhkan sehingga kebutuhannya terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Namun peningkatan konsumsi gula belum dapat diimbangi oleh produksi gula dalam negeri. Hal tersebut terbukti pada tahun 2010-2011 produksi gula dalam negeri hanya mencapai 3.159 juta ton dengan luas wilayah 473.923 ha. Kebutuhan unsur hara yang tinggi pada tanaman tebu menyebabkan penurunan yang cepat akan unsur hara di dalam tanah, terutama tanaman tebu monokultur. Dalam hal ini perlakuan dengan sejumlah pupuk yang cukup merupakan syarat penting untuk mendapatkan hasil yang menguntungkan. Tanah yang sangat subur sekalipun tidak akan dapat terus-menerus menyediakan sejumlah hara yang begitu tinggi selama beberapa tahun. Oleh karena itu, penting sekali memberi atau melengkapi unsur-unsur hara tersebut secukupnya dengan memakai pupuk, yang dimaksudkan untuk mempertahankan hasil optimum pada suatu tingkat.(Cahyani et al., 2023.).



Gambar 2. 1 Tanaman Tebu (*saccharum officinarum L*)
(Istiqlaliyah et al., 2023)

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Tebu

Klasifikasi ilmiah tanaman tebu (*Saccharum officinarum L.*) adalah sebagai berikut:

Tingkat Taksonomi	Klasifikasi
Kerajaan (<i>Kingdom</i>)	<i>Plantae</i>
Divisi (<i>Division</i>)	<i>Magnoliophyta</i>
Kelas (<i>Class</i>)	<i>Liliopsida</i>
Ordo (<i>Order</i>)	<i>Poales</i>
Famili (<i>Family</i>)	<i>Poaceae</i>
Genus (<i>Genus</i>)	<i>Saccharum</i>
Spesies (<i>Species</i>)	<i>Saccharum officinarum L.</i>

2.1.2 Produksi tebu di Indonesia

Indonesia sebagai Negara garari memiliki berbagai komoditas pertanian yang berperan penting dalam mendukung perekonomian, salah satunya adalah komoditas tebu. Tebu merupakan bahan baku utama dalam pembuatan gula. Keterkaitan antara petani tebu dan pabrik gula tidak hanya sebagai penyedia bahan baku pengolah, melainkan hubungan kemitraan yang harus saling mendukung dan mnguntungkan. Dalam proses produksi gula tebu selain menggunakan mesin dan juga menggunakan banayak sekali tenaga kerja seperti kariawaan pabrik. Tanaman tebu tumbuh subur pada lingkungan yang dikelola dengan baik dan pada lahan yang memenuhi kebutuhan pertumbuhannya. Pada tahun 2021, pemanfaatan gula di Indonesia mencapai 3,35 juta ton, sedangkan produksi gula masyarakat baru mencapai 2,3 juta ton sehingga masih terdapat defisit gula sekitar 1 juta ton. Defisit tersebut diperkirakan akan meningkat seiring dengan pertmbuhan jumlah penduduk Indonesia. Menurut Sukoco (2024), menurunnya kesuburan tanah di Indonesia tidak bisa hanya disebabkan oleh salah satu permasalahan yang dihadapi industri gula nasional. Pada tahun 2021, luas areal perkebunan tanaman tebu di Indonesia mencapai 450.618 hektar dengan produktivitas tebu 71,4% dan rendemen 7,17% (Sugar et al., 2024).

2.2 Serat ampas tebu

Salah satu penguat yang mungkin untuk plastik adalah ampas serat tebu. Serat ini merupakan bahan baku alami yang murah dan diperoleh dari sumber-sumber local. Serat ampas tebu dibakar dalam teknologi untuk menghasilkan gula, tetapi penerapannya yang bernilai tambah akan bermanfaat bagi Negara-negara penghasilnya. Serat dapat dihomogenkan langsung dengan matriks polimer menggunakan teknik pemrosesan yang efisien seperti ekstruksi atau pencetakan injeksi. Sesuai dengan kecenderungan umum untuk menjadi ramah lingkungan dan menggunakan sumber daya local, tujuan dari penelitian kami adalah untuk menyiapkan komposit berbasis bio yang sepenuhnya dapat terurai secara hayati dari *polyester* dan serat ampas tebu dan mengeksplorasi profil properti dari bahan yang dihasilkan. Serat diperoleh dari pabrik gula local di Indonesia dan dipisahkan menjadi dua fraksi dengan ukuran yang berbeda untuk mempelajari pengaruh karakteristik serat pada sifat komposit.

Serat tebu merupakan serat alam yang diperoleh dari limbah hasil penggilingan batang tebu setelah sari tebu diekstraksi. Limbah tersebut dikenal sebagai ampas tebu (*bagasse*), yang masih mengandung serat selulosa dalam jumlah cukup tinggi sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan penguat komposit. Pemanfaatan serat ampas tebu sebagai penguat komposit menjadi alternatif yang ramah lingkungan karena berasal dari sumber daya terbarukan, mudah diperoleh, serta memiliki biaya yang relatif rendah.



Gambar 2.2 Ampas tebu (Istiqlaliyah et al., 2023)

Serat tebu memiliki beberapa keunggulan sebagai bahan penguat komposit, antara lain ringan, biodegradable, mudah didapat, tidak korosif, serta memiliki sifat mekanik yang cukup baik. Namun, serat alam juga memiliki kelemahan, seperti kemampuan menyerap air yang tinggi dan ikatan yang kurang baik dengan matriks polimer. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan permukaan seperti perlakuan alkali menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) untuk meningkatkan kualitas ikatan antara serat dan matriks. Perlakuan alkali mampu menghilangkan sebagian lignin, hemiselulosa, lilin, dan kotoran yang menempel pada permukaan serat. Akibatnya, permukaan serat menjadi lebih kasar sehingga adhesi mekanik antara serat dan matriks resin polyester dapat meningkat. Peningkatan ikatan antarmuka tersebut berpengaruh terhadap kemampuan komposit dalam menahan beban, termasuk pada pengujian impak.

Dalam penelitian ini, serat ampas tebu digunakan sebagai bahan penguat komposit dengan matriks resin polyester. Pemilihan serat ampas tebu didasarkan pada ketersediaannya yang melimpah sebagai limbah pertanian serta potensinya untuk meningkatkan sifat mekanik komposit dengan tetap menjaga aspek keberlanjutan lingkungan. Serat yang digunakan kemudian diberi perlakuan alkali NaOH 5% dengan variasi waktu perendaman sebelum dilakukan proses pembuatan spesimen dan pengujian impak.

2.2.1 Karakteristik Serat Ampas Tebu

Karakteristik utama serat ampas tebu antara lain:

- Massa jenis rendah
- Mudah diperoleh
- Ramah lingkungan
- Biaya produksi murah
- Mengandung selulosa tinggi

2.2.2 Kandungan Kimia Serat Ampas Tebu

Serat ampas tebu tersusun atas:

- Selulosa
- *Hemiselulosa*
- *Lignin*
- Pektin

Kandungan selulosa berperan penting dalam memberikan kekuatan mekanik pada serat. Sedangkan lignin dan hemiselulosa sering dikurangi melalui perlakuan alkali untuk meningkatkan ikatan dengan matriks.

Pemanfaatan serat alam terutama yang berbasis selulosa saat ini didominasi oleh industri sandang dan kertas saja. Namun dengan perkembangan teknologi, serat alam tersebut memiliki peluang dimanfaatkan untuk aplikasi teknik dalam bentuk *partly* atau *fully bio-composites*. Serat alam yang berasal dari batang, kecuali bambu dan kayu, yang tumbuh di Indonesia atau tanaman dari daerah tropis memiliki jenis spesies dan jumlah varietas yang sangat banyak tetapi belum dimanfaatkan secara optimal untuk aplikasi teknik. Serat kayu dan bambu telah dikenal mampu digunakan sebagai material struktural. Keunggulan dari serat alam antara lain: non-abrasive, densitas rendah, harga lebih murah, ramah lingkungan, dan tidak membahayakan bagi kesehatan. Penggunaan serat alam sebagai filler dalam komposit tersebut terutama untuk lebih menurunkan biaya bahan baku dan peningkatan nilai salah satu produk pertanian (Istiqlaliyah et al., 2023).

Spesimen cetakan injeksi yang disiapkan dari komposit mengandung serat dalam berbagai jumlah dan polyester yang dimodifikasi maleat anhidrida yang difungsikan digunakan sebagai agen penggandeng untuk meningkatkan adhesi antarmuka. Bahan tersebut dikarakterisasi dengan pengukuran tarik dan impak standar dan proses deformasi lokal diikuti oleh pengujian emisi akustik untuk memfasilitasi interpretasi pengaruh variabel yang dipelajari (komposisi, karakteristik serat, adhesi) pada sifat komposit (Pukanszky & Anggono, 2021).



Gambar 2.3 Serat Tebu (Istiqlaliyah et al., 2023)

2.3 Komposit

Komposit adalah suatu bahan hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya, baik sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut. Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat jenisnya rendah kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah. Serat secara umum terdiri dari dua jenis, yaitu serat sintetis dan serat alam. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan, yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, Kevlar, nylon, dan lain-lain. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam, biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan oleh manusia antara lain kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas, knaf dan goni. Serat alam memiliki kelemahan, yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia (Effect et al., 2022).

Pemanfaatan serat tebu sebagai bahan penguat material komposit belum maksimal. Selama ini ampas tebu hanya digunakan sebagai bahan bakar pengganti kayu bakar. Melihat dari potensi tersedianya bahan baku, maka penelitian ini diarahkan untuk memanfaatkan serat tebu dari limbah ampas tebu sebagai serat penguat material komposit.

Salah satu jenis serat alam yang sangat potensial adalah serat tebu. Ampas tebu merupakan limbah dari proses pengolahan gula yang pemanfaatannya belum optimal. Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling. Sebanyak 60% dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur dan lain lain. Sehingga diperkirakan sebanyak 40 % dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan (Effect et al., 2022).

Komposit serat alami diperkirakan akan sangat diminati di tahun-tahun mendatang karena meningkatnya kesadaran konsumen untuk mengurangi limbah dan polusi lingkungan. Serat ampas tebu yang tersedia melimpah sebagai residu pertanian dan biokomposit yang berasal dari sumber daya terbarukan tersebut menawarkan potensi untuk ditingkatkan skalanya dan memberikan nilai tambah. Tinjauan ini memberikan wawasan tentang tren penelitian terkini dalam pengembangan dan karakterisasi komposit berbasis ampas tebu. Berbagai metode perlakuan kimia dan teknik pemrosesan yang digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik, termal, akustik, dan penuaan komposit yang diperkuat ampas tebu dirangkum dalam tinjauan ini (Devadiga et al., 2021).



Gambar 2.4 Komposit (Effect et al., 2022)

2.4 Material penyusun komposit

Komposit memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (*modulus Young/density*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Beberapa lamina komposit dapat ditumpuk dengan arah orientasi serat yang berbeda, gabungan lamina ini disebut sebagai laminat. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang ulet tetapi lebih rigid serta lebih kuat, yang digunakan adalah serat alam.
2. Matrik, umumnya lebih ulet tetapi mempunyai kekuatan rigiditas yang lebih rendah. Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit.

berdasarkan penguat yang digunakannya yaitu: lebih berguna. Komposit terdiri dari 2 bagian utama yaitu:

- Matriks berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung filler (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks yang umum digunakan *carbon, glass, Kevlar*, dll.
- *Filler* (pengisi), berfungsi sebagai Penguat dari matriks. Filler yang umum digunakan *carbon, glass, aramid, kevlar*. Pengaruh Alkali (NaOH) Pada Serat
- *Fibrous Composites* (komposit serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fibers, carbon fibers, aramid fibers (poly aramide), dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.
- *Laminated Composites* (komposit laminat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
- *Particulate Composites* merupakan komposit (komposit yang partikel) menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Sehingga komposit dapat disimpulkan sebagai dua macam atau lebih material yang digabungkan atau dikombinasikan dalam skala makroskopis (dapat terlihat langsung oleh mata) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna.

Material komposit umumnya tersusun dari dua unsur, yaitu serat sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat yang terbentuk dalam skala makroskopis dan menyatu secara fisik (Jothibas et al., 2022).

Namun komposit berbahan serat sintesis harganya relatif mahal, serat sintesis juga mempunyai kelemahan yaitu sulit terdegradasi serta tidak dapat diperbaharui.

Material yang ramah lingkungan saat ini menjadi perhatian khusus oleh negara-negara di dunia, sehingga dalam industri manufaktur, banyak jenis material pengganti logam, salah satunya adalah material komposit dengan material serat alam (Noer, 2023).

2.4.1 Filler

Filler atau bahan pengisi dalam campuran aspal. Untuk mengimbangi kebutuhan filler di lapangan di carilah alternatif selain penggunaan abu batu yang jumlahnya tidak mampu mencukupi kebutuhan karena hasil pemecahan batu di quarry yang bergantung pada alat pemecah batu dan kekerasan batu itu sendiri. Penulis memilih abu ampas tebu karena pemanfaatannya masih sangat kurang dan jumlahnya yang cukup melimpah (Hidayat, 2019).

2.4.2 Matriks

Berdasarkan jenis material matriksnya, komposit diklasifikasikan sebagai matriks logam, matriks keramik, dan komposit matriks polimer. Di antara jenis material komposit lainnya, Polimer satu memainkan peran besar dalam teknologi saat ini karena sifat fisik, mekanik, dan termalnya yang sangat baik. Secara umum, PMC memiliki sifat mekanik, kekakuan, ramah lingkungan, dapat didaur ulang, dan rasio permukaan terhadap volume yang tinggi. Berbagai serat digunakan sebagai penguat bahan untuk mengembangkan PMC. Baru-baru ini serat alami diperkenalkan untuk mengembangkan komposit tersebut dan banyak perhatian diberikan pada bio-komposit berbasis alami. Pemilihan serat dan polimer penting dalam mengembangkan PMC dengan sifat yang sesuai (Ravichandran et al., 2020).

2.4.3 Klasifikasi komposit

Material komposit memiliki daya tarik signifikan dalam berbagai aplikasi struktural karena kombinasi sifat-sifat yang unggul dari setiap bahan penyusunnya. Komposit terdiri dari matriks, penguat, dan filler. Dalam konteks ini, penelitian tentang komposit *polyester* hibrida yang menggunakan serat tebu dan serat karbon sebagai matriksnya. Serat nanas yang menawarkan alternatif ramah lingkungan dan berkelanjutan, sementara serat karbon memberikan kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Penggabungan keduanya dalam bentuk material hibrida menjadi subjek studi untuk mendapatkan

kelebihan dari masing-masing serat selain mendapatkan durabilitas namun juga menjadi alternatif yang ramah lingkungan (WIYONO, 2024).

Komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan pengelompokan bahan matriksnya atau bahan penguatnya. Berikut beberapa klasifikasi dari komposit.

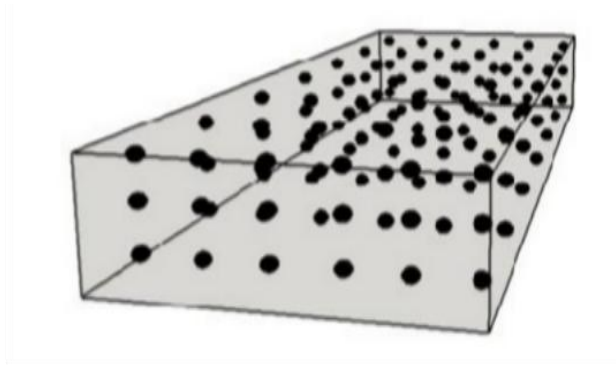
1. Berdasarkan pada jenis matriksnya, komposit dapat di bedakan tiga menjadi jenis, yaitu:

- 1) *Polymer matrix composite* (PMC) komposit ini menggunakan bahan polimer oleh matriksnya.
- 2) *Metal matrix composite* (MMC) komposit ini berkembang pada industri otomotif, *metal matrix composites* adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam.
- 3) *Ceramic matrix composite* (CMC) komposit ini menggunakan keramik sebagai matriksnya.

2. Berdasarkan pada jenis penguatnya terbagi menjadi tiga, yaitu:

- 1) Komposit Partikel (*Particulate composite*)

Komposit yang tersusun atas matrik 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 matrik 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.



Gambar 2.5 Komposit Partikel (WIYONO, 2024)

2) Komposit Serat (*Fibrous Composite*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serataramid dan sebagainya. Komposit ini tersusun atas matrik kontinyu polimer atau logam, serat- serat ini terikat oleh matrik, biasanya berbentuk multifilamen panjang yang digulung. Diameter serat biasanya antara 3 sampai 30 mikrometer. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.

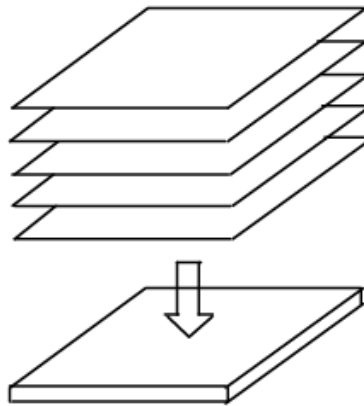


Gambar 2.6 Komposit Serat (WIYONO, 2024)

3) Komposit Lapis (*Laminate Composite*)

Laminate adalah gabungan dari dua atau lebih lamina (satu lembar komposit dengan arah serat tertentu) yang membentuk elemen struktur pada komposit. Proses pembentukan lamina ini menjadi laminate dinamakan proses laminai. Sebagai elemen sebuah struktur,

lamina yang serat penguatnya searah saja (*unidirectional lamina*) pada umumnya tidak menguntungkan karena memiliki sifat yang buruk. Untuk itulah struktur komposit dibuat dalam bentuk laminate yang terdiri dari beberapa macam lamina atau lapisan yang diorientasikan dalam arah yang diinginkan dan digabungkan bersama sebagai sebuah unit struktur.



Gambar 2.7 komposit lapis (*Laminate Composit*) (WIYONO, 2024)

Terdapat beberapa jenis lamina, yaitu:

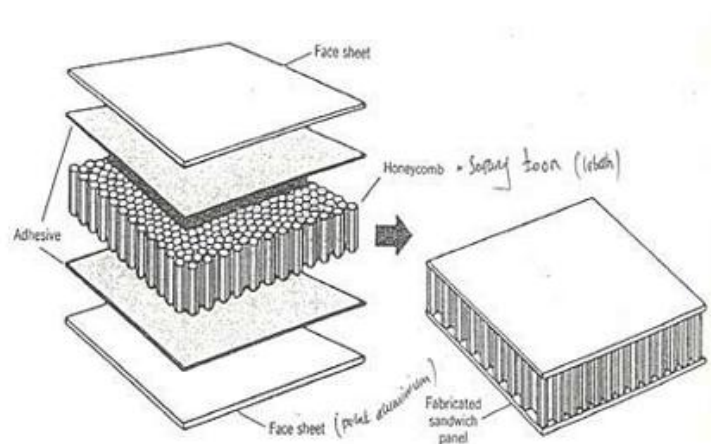
- a) *Continuous fiber laminate*, lamina jenis ini mempunyai lamina penyusun dengan serat yang tidak terputus hingga mencapai ujung-ujung lamina. Continuous fiber laminate terdiri dari:
 1. *Unidirectional laminate* (satu arah), yaitu bentuk laminate dengan tiap lamina mempunyai arah serat yang sama. Kekuatan terbesar dari komposit lamina ini adalah searah seratnya.
 2. *Crossplied quasi-isotropic* (silang), lamina ini mempunyai susunan serat yang saling silang tegak lurus satu sama lain antara lamina.
 3. *Random / woven fiber composite*, lamina ini mempunyai susunan serat.

b) *Discontinuous fiber composite*, berbeda dengan jenis sebelumnya maka laminate ini pada masing-masing lamina terdiri dari potongan serat pendek yang terputus dan mempunyai dua jenis yaitu :

1. *Short Aligned Fiber*, potongan serat tersusun dalam arah tertentu, sesuai dengan yang diinginkan.
2. *In-Plane Random Fiber*, potongan serat disebarkan secara acak atau arahnya tidak teratur.

4) *Sandwich panels*

jenis komposit struktur yang sangat potensial untuk dikembangkan. Komposit sandwich merupakan komposit yang tersusun dari 3 lapisan yang terdiri dari pelat logam (*metal sheet*) sebagai kulit permukaan (*skin*) serta material inti (*core*) di bagian tengahnya (berada di antaranya). Core yang biasa dipakai adalah polyuretan (PU), polyvinyl chloride (PVC), dan honeycomb. Komposit sandwich dibuat dengan tujuan untuk efisiensi berat yang optimal, namun mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Sehingga untuk mendapatkan karakteristik tersebut, pada bagian tengah diantara kedua skin dipasang core. Komposit sandwich merupakan jenis komposit yang sangat cocok untuk menahan beban lentur, impak, meredam getaran dan suara. Komposit sandwich dibuat untuk mendapatkan struktur yang ringan tetapi mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Biasanya pemilihan bahan untuk komposit sandwich, syaratnya adalah ringan, tahan panas dan korosi, serta harga juga dipertimbangkan. Dengan menggunakan material inti yang sangat ringan, maka akan dihasilkan komposit yang mempunyai sifat kuat, ringan, dan kaku.



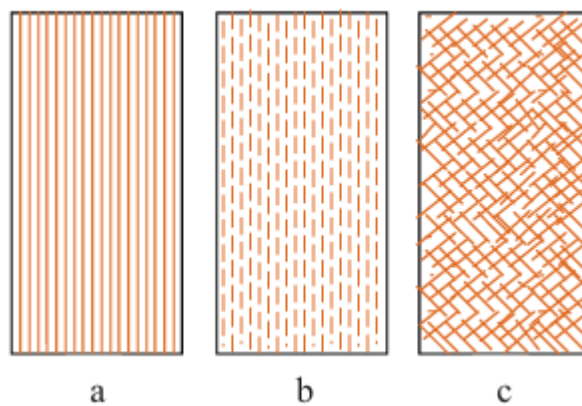
Gambar 2.8 Komposit *Sandwich Panels* (WIYONO, 2024)

2.5 Jenis- jenis susunan pada serat

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari serat sebagai penguat dan matriks. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit. Pemilihan serat atau penguat penyusun pada komposit juga harus mempertimbangkan beberapa hal seperti kemudahan untuk diperoleh serta harga. Hal ini penting karena sebagai pertimbangan bila akan digunakan pada skala produksi besar. Jenis komposit serat berdasarkan distribusi serat yang digunakan yaitu :

- a) *Continuous fiber composite* (komposit diperkuat dengan serat kontinu) adalah jenis material komposit yang menggunakan serat penguat berbentuk panjang dan tersusun secara terus-menerus di dalam matriks. Serat kontinu memberikan kemampuan yang lebih baik dalam menahan beban karena gaya yang bekerja dapat didistribusikan sepanjang serat. Jenis komposit ini memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan komposit dengan serat pendek atau serat acak. Namun, proses pembuatannya relatif lebih rumit dan biaya produksinya lebih tinggi.

- b) *Discontinuous fiber composite* (komposit diperkuat dengan serat yang tersusun putus-putus dan sejajar) merupakan material komposit yang menggunakan serat penguat dengan panjang tertentu (tidak kontinu) yang tersebar di dalam matriks. Pada jenis ini, serat tidak memanjang sepanjang spesimen, melainkan berbentuk potongan-potongan pendek yang dapat disusun sejajar (*aligned*) atau secara acak (*random*). Komposit dengan serat putus-putus yang tersusun sejajar memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan susunan acak karena beban dapat ditransfer lebih efektif sepanjang arah orientasi serat.
- c) *Random fiber composite* (komposit diperkuat dengan serat yang disusun secara acak) merupakan material komposit yang menggunakan serat penguat pendek (*short fiber*) yang didistribusikan secara acak di dalam matriks. Pada jenis komposit ini, orientasi serat tidak memiliki arah tertentu sehingga penyebaran serat terjadi ke berbagai arah. Susunan serat secara acak menyebabkan sifat mekanik material cenderung lebih seragam ke segala arah (*isotropik*) dibandingkan komposit dengan serat yang tersusun sejajar.

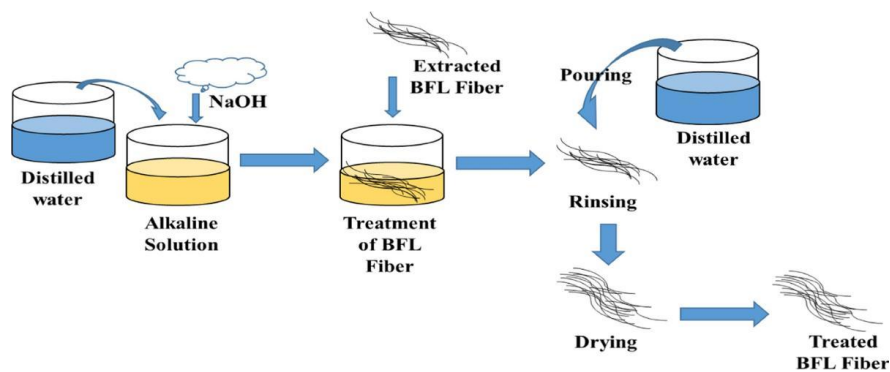


Gambar 2.9 Susunan komposit serat (Arya rudi nasution, 2023)

2.6 Perlakuan alkali (NaOH)

Alkalisasi adalah salah satu cara modifikasi serat untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat dengan matrik. Hemiselulosa, lignin atau pectin serat alam meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan mechanical interlocking yang lebih baik antara serat dengan matrik, dan proses peredaman akan membuat pori-pori di sekitar permukaan serat.

Penggunaan bahan komposit sebagai alternatif pengganti bahan logam dalam bidang rekayasa sudah semakin meluas, yang tidak hanya sebagai panel di bidang transportasi tetapi juga merambah pada bidang lainnya seperti properti dan arsitektur. Hal ini dikarenakan oleh adanya keuntungan penggunaan bahan komposit seperti konstruksi menjadi lebih ringan, tahan korosi dan kekuatannya dapat didesain sesuai dengan arah pembebanan.



Gambar 2.10 Perlakuan alkali (Yudistira, 2023)

perlakuan alkali (*alkali treatment*) merupakan salah satu metode modifikasi permukaan serat alam yang paling banyak digunakan dalam pembuatan material komposit. Perlakuan ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas ikatan antara serat dan matriks dengan cara menghilangkan lignin, hemiselulosa, pektin, lilin, minyak, dan kotoran lain yang menempel pada permukaan serat. Larutan yang umum digunakan dalam perlakuan alkali adalah natrium hidroksida (NaOH).

Menurut Joseph et al. (1999), perlakuan alkali mampu meningkatkan kekasaran permukaan serat sehingga memperbesar luas kontak antara serat dan matriks. Kondisi ini memungkinkan terjadinya ikatan mekanis yang lebih baik, sehingga sifat mekanik komposit dapat meningkat. Selain itu, perlakuan alkali

juga dapat mengurangi sifat hidrofilik serat alam yang menyebabkan penyerapan air berlebih pada komposit.

Proses perlakuan alkali terjadi melalui reaksi antara ion hidroksida (OH^-) dari larutan NaOH dengan komponen non-selulosa pada serat. Reaksi ini menyebabkan sebagian lignin dan hemiselulosa terlarut sehingga permukaan serat menjadi lebih bersih dan kasar. Akibatnya, daya rekat antara serat dan matriks menjadi lebih baik dibandingkan serat tanpa perlakuan.

Menurut Bledzki dan Gassan (1999), perlakuan alkali dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan ketangguhan komposit apabila dilakukan dengan konsentrasi dan waktu perendaman yang tepat. Namun, perlakuan alkali yang terlalu lama atau menggunakan konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan struktur selulosa pada serat. Kerusakan tersebut dapat menurunkan kekuatan serat sehingga sifat mekanik komposit juga mengalami penurunan.

Pada penelitian ini, serat ampas tebu diberi perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH 5% dengan variasi waktu perendaman 1, 3, 5, 7, dan 9 jam. Perlakuan tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama perendaman terhadap kekuatan impak dan karakteristik bentuk patah komposit berpenguat serat ampas tebu dengan matriks resin *polyester*.

Alkalisasi merupakan salah satu metode perlakuan kimia yang paling banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas serat alam sebagai bahan penguat komposit. Perlakuan ini dilakukan dengan merendam serat dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi dan waktu tertentu. Tujuan utama proses alkalisasi adalah menghilangkan hemiselulosa, lignin, pektin, lilin, serta kotoran yang menempel pada permukaan serat. Penghilangan komponen-komponen tersebut dapat meningkatkan kekasaran permukaan serat sehingga ikatan mekanis (*mechanical interlocking*) antara serat dan matriks menjadi lebih baik. Selain itu, proses alkalisasi juga meningkatkan luas permukaan kontak dan daya ikat antarmuka (*interfacial bonding*) antara serat dan matriks yang berpengaruh terhadap peningkatan sifat mekanik komposit, seperti kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan kekuatan impak (Niswah, 2024).

2.7 Resin *Polyester*

Resin *polyester* merupakan salah satu jenis resin termoset yang paling banyak digunakan sebagai matriks pada material komposit. Resin ini diperoleh dari reaksi antara asam dikarboksilat dan alkohol polihidrik yang menghasilkan rantai polimer polyester. Dalam industri komposit, jenis yang paling umum digunakan adalah Unsaturated Polyester Resin (UPR) karena memiliki harga yang relatif murah, mudah diproses, serta memiliki sifat mekanik dan ketahanan kimia yang baik. Resin polyester banyak digunakan pada industri otomotif, konstruksi, perkapalan, dan manufaktur komposit karena memberikan keseimbangan yang baik antara biaya dan performa.

Resin polyester berfungsi sebagai matriks yang mengikat serat penguat sehingga membentuk suatu struktur komposit yang utuh. Selain itu, resin juga berperan dalam mendistribusikan beban yang diterima material kepada serat penguat serta melindungi serat dari pengaruh lingkungan seperti kelembapan dan korosi. Pada material komposit, sifat mekanik yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kualitas ikatan antara resin dan serat penguat.

2.7.1 Karakteristik Resin *Polyester*

Resin polyester memiliki beberapa karakteristik yang menjadikannya banyak digunakan sebagai matriks komposit, antara lain:

1. Mudah diproses dan dicetak.
2. Memiliki biaya produksi yang relatif rendah.
3. Tahan terhadap korosi dan berbagai bahan kimia.
4. Memiliki kekuatan mekanik yang cukup baik.
5. Dapat mengeras pada suhu ruang dengan bantuan katalis.
6. Cocok digunakan pada metode *hand lay-up*, *compression molding*, dan resin *transfer molding*.

2.7.2 Proses Curing Resin Polyester

Resin polyester termasuk kelompok polimer termoset yang mengalami proses curing atau pengerasan melalui reaksi polimerisasi silang (*cross-linking*). Pada proses ini resin cair berubah menjadi material padat dan kaku akibat terbentuknya ikatan tiga dimensi antar rantai polimer. Proses curing biasanya dilakukan dengan menambahkan katalis seperti *Methyl Ethyl Ketone*

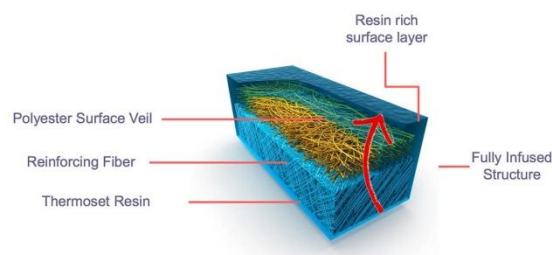
Peroxide (MEKP). Katalis berfungsi mempercepat reaksi pengerasan sehingga resin dapat mengeras pada suhu ruang.

Keberhasilan proses curing sangat menentukan kualitas komposit yang dihasilkan. Jika jumlah katalis terlalu sedikit maka resin akan sulit mengeras, sedangkan jika terlalu banyak dapat menyebabkan pengerasan terlalu cepat dan menimbulkan cacat pada material.

2.7.3 Penggunaan Resin Polyester pada Komposit Serat Alam

Resin polyester banyak digunakan sebagai matriks pada komposit serat alam karena memiliki kompatibilitas yang baik dengan berbagai jenis serat alami. Penggunaan resin polyester pada komposit serat alam mampu menghasilkan material yang ringan, ekonomis, dan memiliki sifat mekanik yang cukup baik untuk berbagai aplikasi teknik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kombinasi resin polyester dengan serat alam seperti serat tebu, serat kelapa, serat pisang, dan serat kenaf mampu meningkatkan kekuatan mekanik komposit dibandingkan resin tanpa penguat.

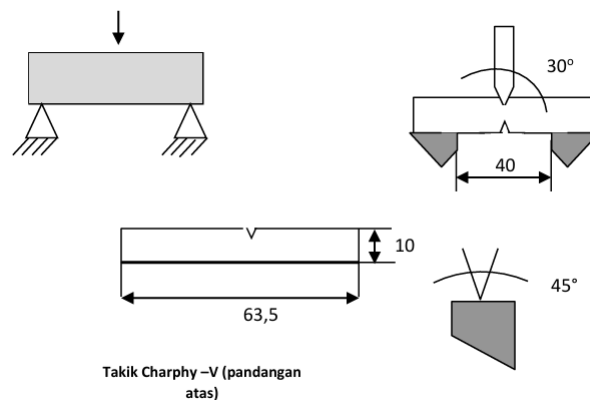
Pada penelitian ini, resin polyester digunakan sebagai matriks yang mengikat serat ampas tebu sehingga terbentuk material komposit yang kemudian diuji menggunakan metode impak *Charpy* ASTM E23. Pemilihan resin polyester didasarkan pada kemudahan proses fabrikasi, harga yang relatif murah, serta kemampuan membentuk ikatan yang baik dengan serat alam setelah dilakukan perlakuan alkali.



Gambar 2.11 Penggunaan Resin Polyester pada Komposit Serat Alam
(Civil et al., 2023)

2.8 Uji impact

Uji impact dilakukan kepada spesimen komposit matriks polyester yang diperkuat dengan kandungan yang berbeda serat ampas tebu menunjukkan bahwa daya serap benturan meningkat dengan peningkatan kandungannya dari serat ampas tebu dalam komposit. Komposit yang diperkuat serat alam yang diolah secara kimia (khususnya ampas tebu) telah dipelajari secara ekstensif. Perlakuan kimia pada serat mentah meningkatkan interaksi antara serat dan matriks epoksi. Serat yang telah adalah terlebih dahulu dengan alkali dan diolah dengan KMnO₄ meningkatkan sifat termal komposit.



Gambar 2.12 Dimensi pengujian impact (Prasad et al., 2021)

Uji impact merupakan pengujian suatu bahan untuk mengetahui apakah suatu material apakah rapuh atau ulet dari segi ketangguhannya. Pengujian impact ini akan mendeteksi perbedaan yang tidak bisa dibaca melalui tegangan regangan dan juga hasil yang di dapatkan tidak bisa dibaca secara langsung dengan kondisi perpatahan batang uji, hal ini disebabkan karena pengujian impact tidak dapat mengukur gaya tiga dimensi. Metode uji impact ada 2, yaitu uji impact metode *Charpy* dan metode Izod 7, 8. Metode *Charpy* banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode Izod banyak digunakan di Eropa. Batang uji metode Charpy memiliki spesifikasi, luas penampang 10 mm, 10 mm dan takikan berbentuk V. Proses pembebanan uji impact pada metode charpy dan metode izod dengan sudut 45°, kedalaman takik 2 mm dengan radius pusat 0.6 mm.(Nuhgraha et al., 2021).

Pada material komposit, pengujian impak digunakan untuk mengevaluasi kemampuan matriks dan serat penguat dalam menahan serta menyerap energi tumbukan. Nilai impak komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis serat, fraksi volume serat, orientasi serat, kualitas ikatan antara serat dan matriks, serta perlakuan yang diberikan pada serat. Perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH dapat meningkatkan adhesi antara serat dan matriks sehingga energi yang diserap saat terjadi benturan dapat meningkat.

Prinsip kerja pengujian impak adalah memberikan beban kejut menggunakan pendulum yang diayunkan dari ketinggian tertentu hingga menumbuk spesimen yang telah diberi takikan (*notch*). Energi yang diserap material dihitung berdasarkan selisih energi potensial pendulum sebelum dan sesudah menumbuk spesimen. Semakin besar energi yang diserap spesimen, maka semakin tinggi ketangguhan material tersebut.

Dalam penelitian ini digunakan metode *Charpy* sesuai standar ASTM E23. Pada metode *Charpy*, spesimen diletakkan secara horizontal pada dua tumpuan sederhana dan dipukul oleh pendulum tepat pada bagian belakang takikan. Takikan dibuat untuk memusatkan tegangan sehingga patahan terjadi pada lokasi yang telah ditentukan. Standar ASTM E23 digunakan karena mampu memberikan hasil pengujian yang konsisten dan dapat digunakan sebagai acuan dalam membandingkan sifat impak berbagai material komposit.

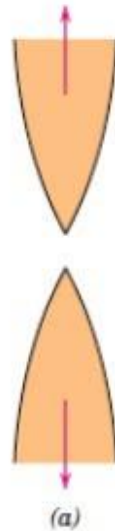


Gambar 2.13 Pengujian impak (Prasad et al., 2021)

Berikut ini ada 2 jenis patahan pada setiap pengujian impak material komposit sebagai pengujian impak *charpy*, yaitu:

- Patahan Ulet (*Ductile Fracture*)

Patahan ulet merupakan jenis patahan yang terjadi setelah material mengalami deformasi yang cukup besar sebelum patah. Permukaan patahan umumnya kasar, tidak rata, dan menunjukkan adanya penyerapan energi yang tinggi. Pada material komposit, patahan ulet sering ditandai dengan adanya serat yang tercabut dari matriks (*fiber pull-out*) dan retakan yang merambat secara bertahap. Material yang mengalami patahan ulet biasanya memiliki nilai impak yang tinggi karena mampu menyerap energi tumbukan dalam jumlah besar sebelum terjadi kegagalan.

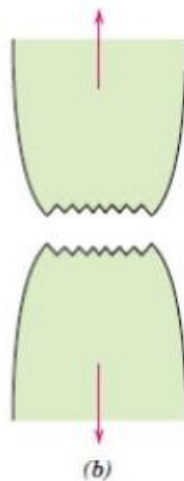


Gambar 2.14 Patahan ulet (*Ductile Fracture*) (Prasad et al., 2021)

- Patahan Getas (*Brittle Fracture*)

Patahan getas merupakan jenis patahan yang terjadi secara tiba-tiba dengan deformasi yang sangat kecil atau hampir tidak ada. Permukaan patahan cenderung rata, halus, dan menunjukkan bahwa material gagal dalam menyerap energi tumbukan secara efektif.

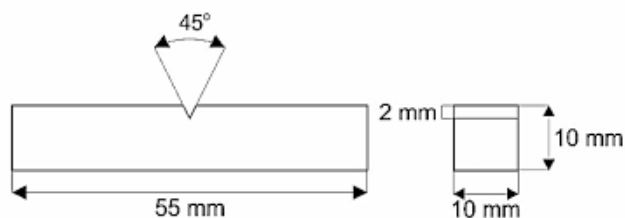
Pada komposit serat alam, patahan getas dapat terjadi akibat lemahnya ikatan antara serat dan matriks atau karena kerusakan serat yang menyebabkan retak merambat dengan cepat. Material yang mengalami patahan getas umumnya memiliki nilai impak yang rendah.



Gambar 2.15 Patahan getas (*Brittle Fracture*) (Prasad et al., 2021)

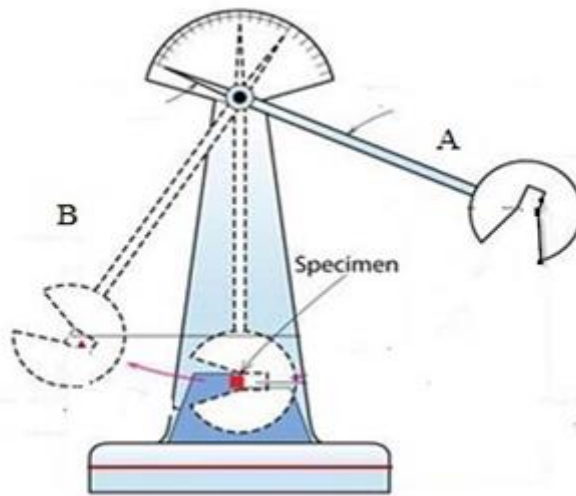
2.9 Kekuatan uji impact

Uji impact merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk menguji ketangguhan menggunakan pembebanan yang cepat. Uji impact bisa diartikan sebagai suatu tes yang mengukur kemampuan suatu bahan dalam menerima beban tumbuk yang diukur dengan besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen dengan ayunan.



Gambar 2.16 Uji Impact (Mochammad, 2021)

Pengujian impact merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu material dalam menyerap energi akibat beban kejut atau tumbukan secara tiba-tiba. Pada penelitian material komposit berpenguat serat alam, pengujian impact banyak digunakan untuk mengevaluasi ketangguhan material sebelum diaplikasikan pada komponen teknik. Salah satu standar yang umum digunakan adalah ASTM E23, yaitu standar pengujian impact metode *Charpy*.



Gambar 2.17 Mesin Uji Impak (Nuhgraha et al., 2021)

Menurut ASTM E23, spesimen uji dibuat dengan dimensi standar $55 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ dan memiliki takikan (*notch*) berbentuk V pada salah satu sisinya. Cetakan spesimen harus dibuat sesuai ukuran standar agar hasil pengujian memiliki tingkat akurasi dan keseragaman yang baik. Pada penelitian komposit berpenguat serat ampas tebu dengan matriks resin *polyester*, cetakan ASTM E23 digunakan untuk menghasilkan spesimen yang seragam sehingga nilai energi impact yang diperoleh dapat dibandingkan secara valid.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serat alam sebagai penguat komposit dapat meningkatkan kemampuan penyerapan energi impact. Selain itu, perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH pada serat juga berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit. Perlakuan ini bertujuan menghilangkan lignin, hemiselulosa, dan kotoran pada permukaan serat sehingga ikatan antara serat dan matriks menjadi lebih baik. Namun, waktu perendaman yang terlalu lama dapat menyebabkan kerusakan struktur serat yang berakibat pada penurunan nilai impact.

2.9.1 Standar ASTM E23

Penelitian ini menggunakan standar ASTM E23 dengan dimensi spesimen:

- Panjang : 55 mm
- Lebar : 10 mm
- Tebal : 10 mm

Spesimen diberi takikan berbentuk V untuk memusatkan tegangan saat tumbukan berlangsung.

Hasil berbagai penelitian menunjukkan bahwa nilai impact komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jenis serat, fraksi volume serat, perlakuan serat, orientasi serat, serta kualitas ikatan antara serat dan matriks. Oleh karena itu, penggunaan cetakan ASTM E23 menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa perbedaan nilai impact yang diperoleh benar-benar disebabkan oleh variasi material dan bukan karena perbedaan ukuran spesimen.

Secara umum, literatur menunjukkan bahwa standar ASTM E23 mampu memberikan metode pengujian yang konsisten dalam mengevaluasi ketangguhan komposit. Penggunaan cetakan sesuai ASTM E23 menghasilkan spesimen yang seragam sehingga data energi impact yang diperoleh lebih akurat dan dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan karakteristik mekanik material komposit berpenguat serat alam.

Telah dilakukan pengujian impact terhadap spesimen sebanyak 3 kali di setiap variasi fraksi volume yang telah ditentukan. Dalam pengujian impact terdapat tabel data yang membandingkan kekuatan antara perlakuan NaOH dan tanpa perlakuan NaOH. Untuk memperoleh data kekuatan impact, maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk masing masing variasi fraksi volume serat menggunakan cara perhitungan sebagai berikut.

Berikut ini adalah rumus pengujian impact:

$$E = m.g.R (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

E = energi impact (joule)

m = masa pendulum (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

r = panjang lengan pendulum

$\cos \beta$ = sudut akhir

$\cos \alpha$ = sudut awal

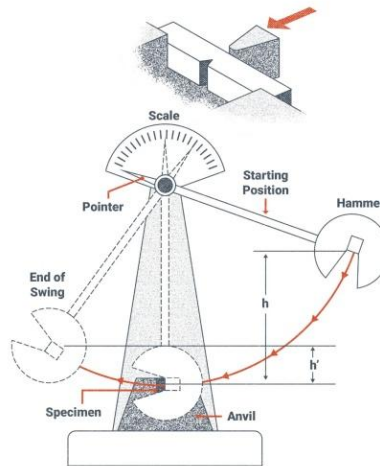
Dalam pengujian mekanik, terdapat perbedaan dalam pemberian jenis beban kepada material. Uji tarik, uji tekan, dan uji punter adalah pengujian yang menggunakan beban statik. Sedangkan uji impak (*fatigue*) menggunakan jenis beban dinamik. Pada uji impak, digunakan pembebanan yang cepat (*rapid loading*). Perbedaan dari pembebanan jenis ini dapat dilihat pada strain rate.

2.9.2 Jenis-jenis metode impak

Secara umum metode pengujian impak terdiri dari dua jenis, yakni:

1. Metode *Charpy*

Metode *charpy* merupakan pengujian impak dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal atau mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan.



Gambar 2.18 Posisi spesimen pada uji impak metode *charpy*
(Nuhgraha et al., 2021)

Beberapa kelebihan dari metode *charpy*, yaitu:

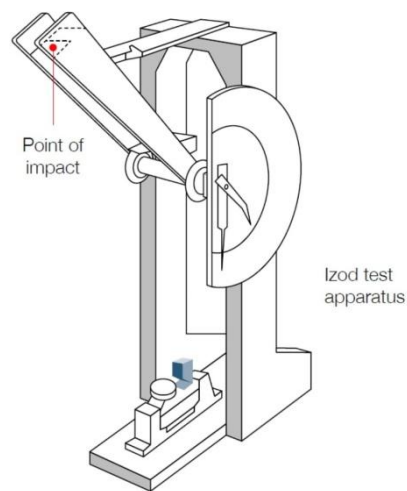
- Hasil pengujian lebih akurat.
- Pengerjaannya lebih mudah dipahami dan dilakukan.
- Menghasilkan tegangan uniform di sepanjang penampang.
- Waktu pengujian lebih singkat.

Sementara kekurangan dari metode *charpy*, yaitu:

- Hanya dapat dipasang pada posisi horizontal.
- Spesimen dapat bergeser dari tumpuan karena tidak di cekam.
- Pengujian dilakukan hanya pada spesimen yang kecil.

2. Metode Izod

Metode Izod juga merupakan pengujian impak menggunakan pendulum, namun posisi spesimen berbeda dengan metode *Charpy*. Pada pengujian Izod, spesimen dijepit secara vertikal sebagai balok kantilever (*cantilever beam*), sedangkan pendulum memukul bagian ujung bebas spesimen. Takik (*notch*) dibuat untuk memusatkan tegangan dan mengarahkan terjadinya patahan pada lokasi tertentu.



Gambar 2.19 Posisi spesimen pada uji impak metode *izod*
(Nuhgraha et al., 2021)

Beberapa kelebihan metode *izod*, yaitu:

- a. Tumbukan tepat pada takikan dan spesimen tidak mudah bergeser karena salah satu ujungnya dicekam (jepit).
- b. Dapat menggunakan spesimen yang ukuran lebih besar.

Sementara kekurangan dari metode *izod*, yaitu:

- a. Biaya pengujian lebih mahal
- b. Pembebanan yang dilakukan hanya pada satu ujungnya, sehingga hasil yang diperoleh kurang baik.
- c. Hasil dari patahan kurang baik.
- d. Waktu pengujian cukup panjang (lama) karena prosedur yang banyak.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat dilaksanakan kegiatan penelitian ini dilakukan di laboratorium prodi 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 Waktu kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■	■	■			
2	Studi Literatur		■	■	■	■	
3	Penulisan Proposal			■	■	■	■
4	Seminar Proposal				■	■	■
5	Persiapan Alat dan Bahan					■	■
6	Pengujian					■	■
7	Sidang Sarjana						■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Serat ampas Tebu (*Bagasse fiber*)

Digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan spesimen komposit dan berperan sebagai penguat komposit.



Gambar 3.1 Serat ampas tebu

2. *Moldrelase Wax*

Berfungsi berfungsi melapisi mal/cetakan agar tidak susah di lepas pada saat pembukaan specimen yang telah kering karna adanya campuran *epoxy* di dalam cetakan.



Gambar 3.2 *Moldrelase wax*

3. Alkali NaOH

Alkali NaOH ini nantinya akan dilarutkan dengan air untuk campuran rendaman serat tebu yang mana alkali di gunakan hanya 5% dalam setiap perendaman.



Gambar 3.1 Alkali NaoH

4. Resin *Polyester*

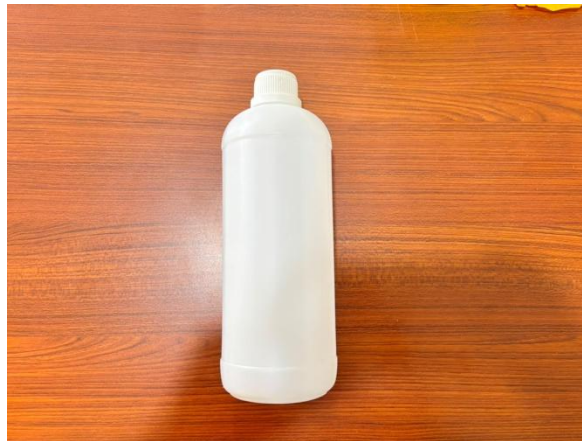
Polyester sebagai matrik dan merupakan resin yang di gunakan saat pencetakan komposit di lakukan, dengan ciri-ciri bewarna kuning.



Gambar 3.2 Resin *Polyester*

5. Katalis

Katalis merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam resin polyester untuk mempercepat proses pengerasan (*curing*). Katalis yang paling umum digunakan pada resin polyester adalah *MEKP* (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*).



Gsmbar 3.5 katalis

6. Aquadest

Aquadest berfungsi Mencuci serat ampas tebu untuk menghilangkan debu, tanah, gula, dan kotoran yang masih menempel pada serat.



Gambar 3.6 Aquadest

3.2.2 Alat spesimen

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Timbangan Digital

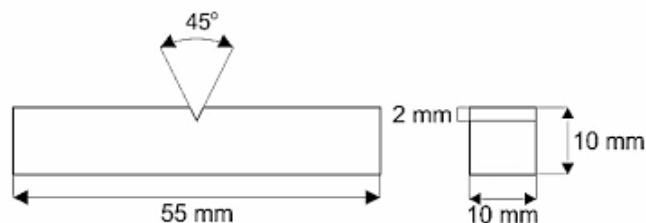
Di gunakan untuk menimbang komposisi bahan specimen terutama pada saat penimbangan serat dan resin di lakukan.



Gambar 3.7 Timnbangan Digital

2. Cetakan Pengujian Impak ASTM E23

Cetakan ini berfungsi untuk mencetak bentuk specimen, yang terbuat dari akrilik dan di potong sesuai ukuran standar ASTM E23.



Gambar 3.8 Cetakan Bahan

3. Jangkar Sorong

Digunakan untuk mengukur akurat specimen yang telah selesai di cetak sesuai standar ASTM E23.



Gambar 3.9 Jangkar sorong

4. Wadah

Wadah untuk melakukan proses perendaman, pecampuran, serta reaksi kimia pada serat tebu, seperti perlakuan alkali larutan NaOH.



Gambar 3.10 Wadah

5. Sarung Tangan

Digunakan untuk melindungi tangan agar tidak kontak langsung dengan bahan kimia yang digunakan pada alat pembuatan specimen.



Gambar 3.11 Srung tangan

6. Pisau

Pisau merupakan alat yang digunakan untuk membantu proses pemisahan serat pada ampas tebu. Setelah proses pengilingan, ampas tebu umumnya masih berbentuk gumpalan dengan serat-serat yang saling terikat dan bercampur dengan sisa jaringan tanaman.



Gambar 3.12 Pisau

7. Sendok

Sendok digunakan untuk mengambil butiran NaOH sebelum di timbang dengan timbangan digital. Penggunaan sendok bertujuan untuk menghindari kontak tangan langsung dengan bahan penelitian.



Gambar 3.13 Sendok

8. Gunting

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



Gambar 3.14 Gunting

9. Kuas

Digunakan untuk meratakan *mold release wax* pada permukaan cetakan, yaitu sebagai alat bantu dalam proses pelumasan cetakan supaya mudah dikeluarkan pada cetakan tersebut.



Gambar 3.15 Kuas

10. Kertas pasir

Digunakan untuk membersihkan spesimen dari cairan resin yang berlebihan dari cetakan.



Gamabar 3.16 Kertas pasir

11. Wadah pengaduk

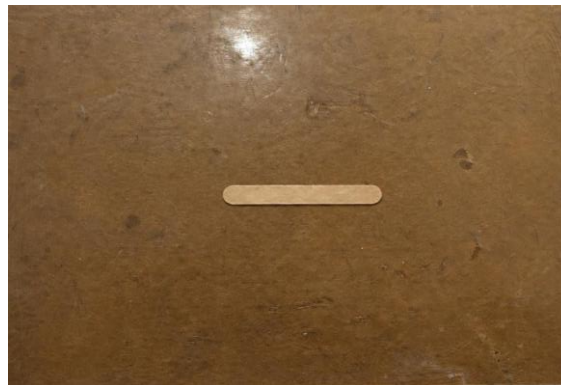
Digunakan sebagai tempat pengaduk resin dan katalis didalam wadah agar proses pencampurannya dapat merata.



Gambar 2.17 Wadah pengadu

12. Stik eskrim

Digunakan untuk mengaduk resin dan katalis supaya merata



Gambar 3.18 Stik eskrim

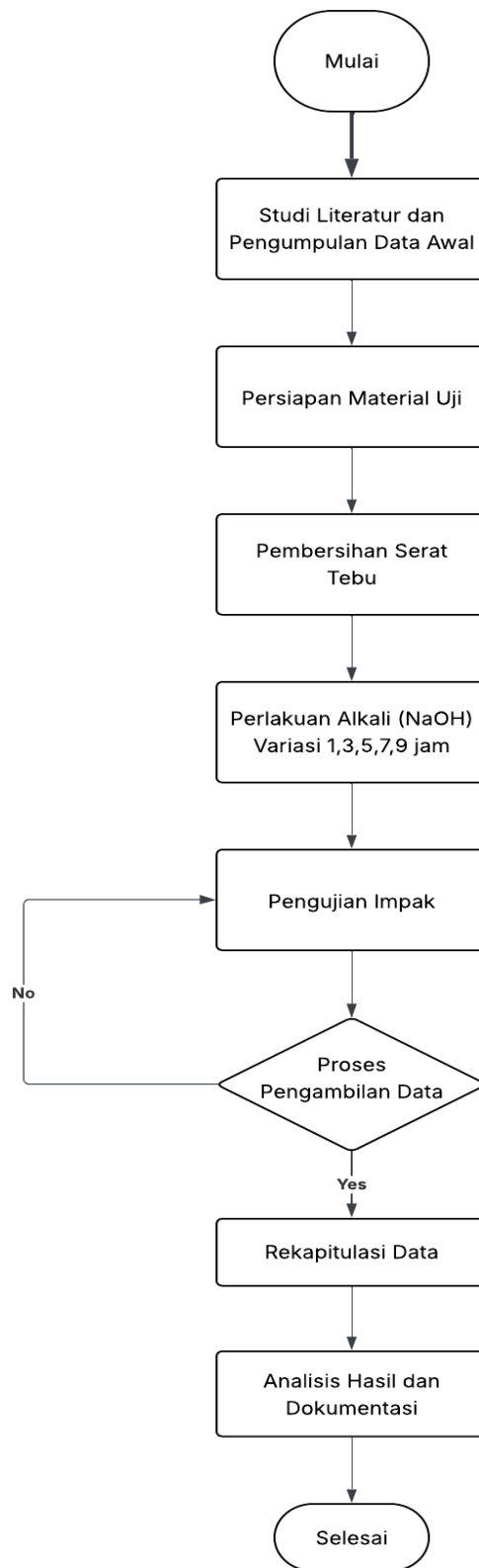
13. Mesin Uji Impak

Digunkana ketika menguji specimen impak, mesin ini berada di laboratorium MKM Program Studi Teknik Mesin Uiversitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Gambar 3.19 Mesin Uji Impak

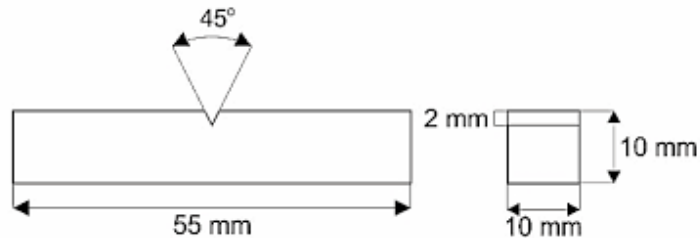
3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.20 Diagram alir penelitian

3.4 Perancangan alat penelitian

Mengkarakteristik pengaruh variasi peredaman pada serat tebu yang telah dilakukan alkali NaOH, pada penelitian ini menggunakan cetakan dengan standar ASTM E23 dengan dimensi 55 mm x 10 mm x 10 mm, dengan tarik yang dibuat secara presisi pada salah satu sisinya untuk memusatkan tegangan selama pengujian.



Gambar 2.21 Spesimen uji impact

3.5 Prosedur Penelitian

1. Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan, yaitu serat ampas tebu, resin polyester, katalis, larutan NaOH, aquadest, cetakan, dan alat pendukung lainnya.
2. Membersihkan serat ampas tebu, kemudian merendamnya dalam larutan NaOH sesuai variasi yang telah ditentukan. Setelah itu serat dicuci menggunakan aquadest hingga bersih dan dikeringkan.
3. Mencampurkan resin polyester dengan katalis hingga merata.
4. Menyusun serat ampas tebu ke dalam cetakan, kemudian menuangkan campuran resin hingga seluruh serat terlapisi. Selanjutnya dibiarkan sampai komposit mengeras.
5. Melepaskan spesimen dari cetakan dan memastikan ukurannya sesuai standar ASTM E23, yaitu 55 mm, 10 mm, 10 mm serta memiliki takikan (*notch*) 2 mm.
6. Melakukan pengujian impact pada setiap spesimen menggunakan mesin uji impact metode Charpy sesuai standar ASTM E23.
7. Mencatat hasil pengujian, kemudian mengolah dan menganalisis data untuk mengetahui pengaruh perlakuan alkali NaOH terhadap kekuatan impact komposit resin polyester berpenguat serat ampas tebu.

3.6 Prosedur Pembuatan Serat ampas tebu

1. Pertama pengambilan limbah ampas serat ampas tebu, yang didapat dari pedagang penjual es, lalu di jemur di bawah sinar matahari.



Gambar 3.22 Serat ampas tebu yang sudah dikeringkan

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



Gambar 3.23 Pemisahan serat ampas tebu

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



Gambar 3.25 Penimbangan air RO

4. Setelah itu pindahkan air bersih ke dalam wadah yang lebih besar, misalnya 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 3.26 wadah yang berisi 5liter air RO

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 3.27 Penuangan NaOH dan Pengadukan NaOH

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



Gambar 3.28 Meletakkan serat tebu ke wadah kosong

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



Gambar 3.29 Penuangan NaOH ke wadah yang berisi serat

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



Gambar 3.30 Proses perendaman NaOH

9. Lalu angkat tuangkan NaOH dan bersihkan serat ampas tebu dengan menggunakan aquadest.



Gambar 3.31 penuangan dan pencucian serat tebu

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



Gambar 3.32 Penjemuran serat

3.7 Pembuatan Material Komposit

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

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



Gambar 3.33 Persiapan serat tebu

2. Timbang serat ampas tebu untuk melakukan perbandingan antara 60% resin polyester dan 40% serat.



Gambar 3.34 Penimbangan serat tebu

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



Gambar 3.35 Persiapan pencetakan

4. Timbang resin polyester dengan menggunakan timbangan digital dan melakukan perbandingan 10 gram resin polyester dengan 2% katalis cara untuk mencari 2% katalis yaitu $10 \times \frac{2}{100} = 0,2$ ml katalis yang dibutuhkan, campurkan resin polyester yang sudah melakukan perbandingan dengan katalis selanjutnya aduk hingga merata lalu tuang ke cetakan specimen sesuaikan dengan volume cetakan specimen, biarkan mengering sampai bahan komposit tersebut benar-benar merata.



Gambar 3.36 Pencampuran resin polyester dengan katalis dan penuangan

5. Terakhir keluarkan material komposit dari cetakannya, lalu bersihkan material komposit menggunakan pisau dan kertas pasir, material komposit siap menjadi bahan uji pada pengujian impak.



Gambar 3.37 Hasil dari pencetakan material komposit

3.8 Proses Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan menggunakan metode Charpy sesuai standar ASTM E23 untuk mengetahui kemampuan material komposit dalam menyerap energi benturan. Adapun langkah-langkah pengujian impak adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan mesin uji impak Charpy beserta seluruh perlengkapannya.
2. Memeriksa kondisi spesimen dan memastikan ukuran spesimen sesuai standar ASTM E23 yaitu 55 mm, 10 mm, 10 mm dengan takikan (notch) sedalam 2 mm.
3. Meletakkan spesimen pada kedudukan mesin uji impak dengan posisi takikan berada tepat di tengah dan menghadap berlawanan arah datangnya bandul.
4. Mengatur posisi jarum penunjuk energi pada angka 0.
5. Mengangkat bandul pendulum hingga sudut awal pengujian sebesar 130° dan menguncinya pada posisi tersebut.
6. Melepaskan bandul sehingga bergerak dan menumbuk spesimen hingga spesimen patah.
7. Menghentikan ayunan bandul setelah melewati spesimen menggunakan rem yang tersedia pada mesin.

8. Mencatat sudut akhir atau nilai energi yang ditunjukkan oleh mesin uji impak.
9. Mengulangi pengujian pada setiap spesimen sesuai variasi waktu perendaman serat ampas tebu dalam larutan NaOH 1, 3, 5, 7, dan 9 jam.
10. Menghitung energi impak yang diserap spesimen menggunakan rumus yang sudah di cari.
11. Menganalisis hasil pengujian untuk mengetahui pengaruh perlakuan alkali NaOH terhadap kekuatan impak komposit resin polyester berpenguat serat ampas tebu.

3.9 Variabel penelitian

Penelitian ini mengidentifikasi beberapa variabel yang terkait dengan pengujian kekuatan impak material komposit yang diperkuat oleh serat ampas tebu.

1. Variabel independent, yang merupakan faktor penyebab perubahan pada variabel lain, dalam penelitian ini adalah variasi waktu perendaman dalam larutan Natrium Hidroksida (NaOH) selama 1, 3, 5, 7, dan 9 jam.
2. Variable dependent, variabel yang dipengaruhi oleh adanya perubahan variabel indepedent. Pada penelitian ini yang digunakan sebagai variabeldependent adalah kekuatan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sepesimen Hasil Pengujian Impak

Berikut ini adalah gambar specimen uji impak sebellum dan seudah pengujian dengan komposit serat 40% dan resin polyester 60% yang telah dilakukan perlakuan alkali NaOH 1,3,5,7 dan 9 jam waktu perendaman dengan komposisi air bersih 100% dan 5% alkali NaOH.

1. Spesimen sebelum pengujian.

Sebelum dilakukan pengujian impak *Charpy* berdasarkan standar ASTM E23, spesimen dibuat dengan dimensi standar 55 mm × 10 mm × 10 mm dan memiliki takikan (*V-notch*) pada salah satu sisinya. Takikan ini berfungsi sebagai titik konsentrasi tegangan sehingga patahan akan terjadi pada lokasi yang telah ditentukan. Pada tahap ini, spesimen masih dalam kondisi utuh, tidak memiliki retakan, dan permukaannya relatif rata. Untuk material komposit berpenguat serat ampas tebu dan matriks resin *polyester*, serat harus tersebar merata di dalam matriks agar spesimen memiliki sifat mekanik yang seragam. Selain itu, ukuran dan bentuk spesimen harus sesuai standar agar hasil pengujian dapat dibandingkan dengan penelitian lain.



Gambar 4.1 Spesimen sebelum pengujian impak *charpy*

2. Specimen yang telah dilakukan pengujian impak *charpy*.

Setelah pengujian dilakukan, pendulum Charpy akan menumbuk spesimen tepat di belakang takikan hingga spesimen mengalami patah. Besarnya energi yang diserap selama proses patah digunakan untuk menentukan kekuatan impak material.

Bentuk patahan yang terjadi setelah pengujian dapat memberikan informasi mengenai karakteristik material, yaitu:

- Patahan Getas (*Brittle Fracture*)

Patahan getas ditandai dengan permukaan patahan yang rata, kasar, dan terjadi secara tiba-tiba tanpa deformasi yang berarti. Material dengan patahan getas umumnya memiliki kemampuan menyerap energi yang rendah sehingga nilai impaknya kecil.



Gambar 4.2 Spesimen sesudah melakukan pengujian impak *charpy*

4.2 Hasil Perhitungan Uji Impak

Telah didapat hasil dari pengujian impak berbahan komposit berpenguat serat ampas tebu dengan komposisi serat 40% dan 60% resin polyester yang telah dilakukan perlakuan alkali NaOH 1,3,5,7 dan 9 jam waktu perendaman dengan komposisi air 100% dan 5% alkali NaOH. Lalu menghasilkan data pada pengujian impak yang telah di uji pada mesin impak charpy.

Rumus pengujian impak

$$E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

E = energy impak (joule)

m = masa pendulum (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2) = 9,8 (m/s^2)

r = panjang lengan pendulum

$\cos \beta$ = sudut akhir

$\cos \alpha$ = sudut awal

Tanpa Perlakuan (TP):

Uji specimen 1

Dik : m = 6 kg

 R = 0,6 m

$\alpha = 130^\circ$



Gambar 4.3 $\cos \alpha$ = sudut awal 130°

$$\beta = 121^\circ$$



Gambar 4.4 $\cos \beta =$ sudut akhir 121°

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$

$$E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 121^\circ - \cos 130^\circ)$$

$$E = 4,507 \text{ joule}$$

Uji specimen 2

Dik : $m = 6 \text{ kg}$

$$R = 0,6 \text{ m}$$

$$\alpha = 130^\circ$$

$$\beta = 123^\circ$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$

$$E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 123^\circ - \cos 130^\circ)$$

$$E = 3,462 \text{ joule}$$

Uji specimen 3

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 125^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 125^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 2,441 \text{ joule}$

Perendaman 1 jam:

Uji specimen 1

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 123^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 123^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 3,462 \text{ joule}$

Uji specimen 2

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 124^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 124^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 2,949 \text{ joule}$

Uji specimen 3

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 120^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 120^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 5,037 \text{ joule}$

Perendaman 3 jam:

Uji specimen 1

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 122^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 122^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 3,981 \text{ joule}$

Uji specimen 2

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 121^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 121^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 4,507 \text{ joule}$

Uji specimen 3

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 119^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 119^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 5,573 \text{ joule}$

Perendaman 5 jam:

Uji specimen 1

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 118^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 118^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 6,114 \text{ joule}$

Uji specimen 2

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 120^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 120^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 5,037 \text{ joule}$

Uji specimen 3

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 117^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 117^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 6,660 \text{ joule}$

Perendaman 7 jam:

Uji specimen 1

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 112^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 112^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 9,461 \text{ joule}$

Uji specimen 2

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 109^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 109^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 11,191 \text{ joule}$

Uji specimen 3

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 107^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 107^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 12,362 \text{ joule}$

Perendaman 9 jam:

Uji specimen 1

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 119^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 119^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 5,573 \text{ joule}$

Uji specimen 2

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 116^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 116^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 7,211 \text{ joule}$

Uji specimen 3

Dik : $m = 6 \text{ kg}$
 $R = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha = 130^\circ$
 $\beta = 113^\circ$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

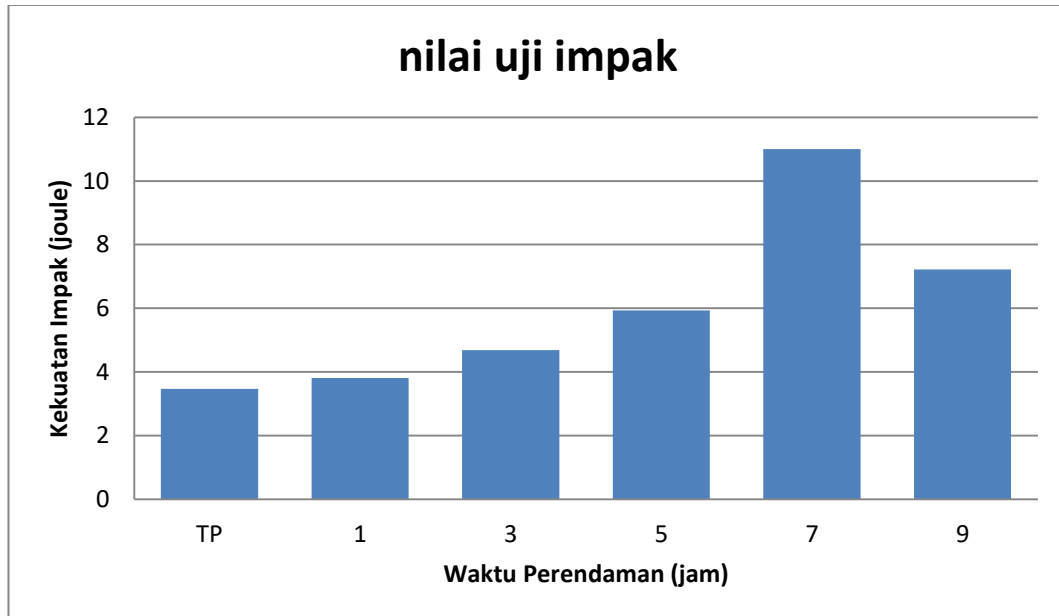
Dit : energy impak (joule)

Jawab : $E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $E = 6 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 113^\circ - \cos 130^\circ)$
 $E = 8,892 \text{ joule}$

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Impak

Tanpa perlakuan (TP)	Energi impak (J)	luas penampang (mm^2)	Harga impak (J/mm^2)
Spesimen 1	4.507003586	550	0.008194552
Spesimen 2	3.462681714	550	0.006295785
Spesimen 3	2.441770195	550	0.004439582
rata-rata	3.47048516		
Perendaman 1 jam	(J)	(mm^2)	(J/mm^2)
Spesimen 1	3.462681714	550	0.006295785
Spesimen 2	2.949221235	550	0.00536222043
Spesimen 3	5.037546869	550	0.009159176132
rata-rata	3.81648327		
Perendaman 3 jam	(J)	(mm^2)	(J/mm^2)
Spesimen 1	3.981995227	550	0.00723999132
Spesimen 2	4.507003586	550	0.00819455197
Spesimen 3	5,573463467	550	0.01013357
rata-rata	4.68748743		
Perendaman 5 jam	(J)	(mm^2)	(J/mm^2)
Spesimen 1	6.114590134	550	0.011117437
Spesimen 2	5.037546869	550	0.009159176132
Spesimen 3	6.660762038	550	0.01211048
rata-rata	5,93763301		
Perendaman 7 jam	(J)	(mm^2)	(J/mm^2)
Spesimen 1	9.461426254	550	0.01720256
Spesimen 2	11.191502380	550	0.02034812
Spesimen 3	12.362673127	550	0.02247756
rata-rata	11.0052006		
Perendaman 9 jam	(J)	(mm^2)	(J/mm^2)
Spesimen 1	5,573463467	550	0.01013357
Spesimen 2	7.211812811	550	0.01311234
Spesimen 3	8.892552656	550	0.01616823
rata-rata	7.22594298		

Pada grafik dibawah ini dapat kita lihat bahwa semakin lama perendaman alkali NaOH maka semakin tinggi rata-rata nilai energi impak yang di dapat.



Gambar 4.7 Grafik hasil dari nilai rata-rata pengujian

Dari data pada grafik di atas dapat kita lihat untuk nilai rata-rata perendaman alkali NaOH.

(TP) Tanpa Perlakuan = 3,470 joule

1 jam perendaman = 3,816 joule

3 jam perendaman = 4,687 joule

5 jam perendaman = 5,937 joule

7 jam perendaman = 11,005 joule

9 jam perendaman = 7,225 joule

Maka dapat di simpulkan bahwa semakin lama perendaman alkali NaoH semakin besar energi impak yang di peroleh.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Hubungan Hasil Uji Impak dengan Perlakuan Alkali Serat Ampas Tebu

Berdasarkan hasil pengujian impact pada subbab 4.1, diperoleh bahwa spesimen tanpa perlakuan alkali memiliki nilai energi impact tertinggi sebesar 11,005 Joule. Sementara itu, spesimen yang diberi perlakuan alkali NaOH 5% menunjukkan nilai energi impact yang lebih rendah, yaitu 3,470 Joule pada (TP), 3,816 Joule pada perendaman 1 jam, 4,687 Joule pada perendaman 3 jam, 5,937 Joule pada perendaman 5 jam, 11,005 Joule pada perendaman 7 jam, dan 7,225 Joule pada perendaman 9 jam.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan alkali memberikan pengaruh terhadap kemampuan komposit dalam menyerap energi tumbukan. Secara teori, perlakuan alkali berfungsi menghilangkan lignin, hemiselulosa, dan kotoran pada permukaan serat sehingga ikatan antara serat dan resin polyester menjadi lebih baik. Namun, perlakuan yang terlalu lama dapat menyebabkan kerusakan struktur serat sehingga kekuatan serat menurun. Kondisi ini menyebabkan kemampuan material dalam menahan dan menyerap energi tumbukan menjadi berkurang.

Nilai impact yang menurun setelah perlakuan alkali mengindikasikan bahwa proses perendaman yang dilakukan belum mampu meningkatkan ketangguhan komposit secara optimal. Penurunan tersebut diduga terjadi akibat degradasi sebagian struktur serat ampas tebu sehingga serat menjadi lebih rapuh ketika menerima beban kejut.

4.3.2 Hubungan Nilai Impact dengan Karakteristik Patahan

Hasil pengamatan karakteristik patahan pada subbab 4.2 menunjukkan adanya perbedaan bentuk patahan pada setiap variasi perlakuan. Spesimen tanpa perlakuan alkali memperlihatkan permukaan patahan yang lebih kasar dan tidak rata. Pada beberapa bagian terlihat adanya serat yang tercabut dari matriks (*fiber pull-out*). Kondisi ini menunjukkan bahwa spesimen mampu menyerap energi tumbukan yang lebih besar sebelum mengalami kegagalan, sehingga sesuai dengan hasil pengujian impact yang menghasilkan nilai energi tertinggi.

Sebaliknya, pada spesimen yang mengalami perlakuan alkali, permukaan patahan cenderung lebih rata dan menunjukkan patahan serat yang lebih dominan. Karakteristik tersebut menunjukkan sifat patahan yang lebih getas. Material yang mengalami patahan getas umumnya memiliki kemampuan penyerapan energi yang lebih rendah karena retak dapat merambat dengan cepat tanpa mengalami deformasi yang signifikan terlebih dahulu.

Hubungan antara hasil pengujian impact dan karakteristik patahan menunjukkan bahwa semakin rendah nilai energi impact yang diperoleh, maka semakin getas bentuk patahan yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin tinggi nilai energi impact, maka permukaan patahan cenderung lebih kasar karena material mampu menyerap energi lebih besar sebelum patah.

4.3.3 Analisis Variasi Waktu Perendaman NaOH

Pada penelitian ini, waktu perendaman 7 jam menghasilkan nilai impact tertinggi di antara spesimen yang diberi perlakuan alkali, yaitu sebesar 11,005 Joule. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu perendaman tersebut terjadi keseimbangan antara proses pembersihan permukaan serat dan kemampuan serat mempertahankan kekuatan alaminya.

Sementara itu, perendaman selama 9 jam menyebabkan nilai impact kembali menurun. Penurunan ini mengindikasikan bahwa waktu perendaman yang terlalu lama menyebabkan kerusakan pada struktur serat akibat reaksi alkali yang berlebihan. Akibatnya, serat kehilangan sebagian kemampuannya sebagai penguat komposit dan lebih mudah mengalami patah ketika menerima beban tumbukan.

Hasil pengamatan patahan pada subbab 4.2 mendukung kondisi tersebut, dimana spesimen dengan waktu perendaman yang lebih lama menunjukkan permukaan patahan yang lebih rata dan dominasi patahan getas dibandingkan spesimen tanpa perlakuan.

4.3.4 Pembahasan Keseluruhan

Secara keseluruhan, hasil pengujian impact pada subbab 4.1 dan pengamatan karakteristik patahan pada subbab 4.2 menunjukkan hubungan yang saling mendukung. Nilai energi impact yang tinggi menghasilkan patahan yang lebih kasar dan menunjukkan mekanisme penyerapan energi yang lebih baik. Sebaliknya, nilai energi impact yang rendah menghasilkan patahan yang lebih rata dan cenderung getas.

Dengan demikian, perlakuan alkali NaOH 5% dengan variasi waktu perendaman berpengaruh terhadap sifat impact dan karakteristik patahan komposit serat ampas tebu bermatriks resin polyester. Perlakuan alkali yang terlalu lama cenderung menurunkan kemampuan material dalam menyerap energi tumbukan, yang ditunjukkan oleh menurunnya nilai impact dan semakin dominannya karakteristik patahan getas pada spesimen.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. penggunaan serat ampas tebu sebagai penguat komposit resin polyester serta perlakuan alkali NaOH 5% berpengaruh terhadap kemampuan material dalam menyerap energi impak. Variasi waktu perendaman menghasilkan nilai energi impak yang berbeda, yaitu 3,816 Jole 1 jam, 4,687 Joule 3 jam, 5,937 Joule 5 jam, 11,005 Joule 7 jam, dan 7,225 Joule 9 jam, sedangkan spesimen tanpa perlakuan menghasilkan 3,470 J. Nilai tertinggi pada spesimen yang diberi perlakuan alkali diperoleh pada perendaman 7 jam sebesar 11,005 Joule. Hal ini menunjukkan bahwa waktu perendaman alkali yang tepat dapat meningkatkan kualitas ikatan antara serat ampas tebu dan resin polyester, sedangkan perendaman yang terlalu singkat maupun terlalu lama dapat menurunkan kemampuan material dalam menyerap energi benturan.
2. Karakteristik patahan komposit setelah pengujian impak menunjukkan adanya kombinasi patahan ulet dan patahan getas. Patahan ulet ditandai dengan adanya fenomena *fiber pull-out*, yang menunjukkan terjadinya pelepasan serat dari matriks, sedangkan patahan getas ditandai dengan permukaan patahan yang relatif rata dan putusya serat secara langsung. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa perlakuan alkali dan variasi waktu perendaman turut memengaruhi kualitas ikatan antara serat ampas tebu dengan resin *polyester* serta mekanisme patahan yang terjadi pada material komposit.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi komposisi serat dan resin yang lebih beragam agar diperoleh komposisi optimum dengan sifat mekanik yang lebih baik.
2. Proses pembuatan komposit perlu dilakukan dengan lebih teliti untuk meminimalkan terbentuknya gelembung udara (*void*) dan memastikan penyebaran serat merata sehingga hasil pengujian lebih akurat.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji pengaruh perlakuan alkali NaOH dengan variasi konsentrasi atau waktu perendaman yang berbeda terhadap kekuatan impak komposit.
4. Selain uji impak, disarankan melakukan pengujian sifat mekanik lainnya, seperti uji tarik, uji lentur, dan pengamatan struktur patahan, agar karakteristik material komposit dapat diketahui secara lebih menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Devadiga, D. G., Bhat, K. S., & Mahesha, G. T. (2020). Sugarcane bagasse fiber reinforced composites : Recent advances and applications MATERIALS ENGINEERING | REVIEW ARTICLE Sugarcane bagasse fiber reinforced composites : Recent advances and applications. *Cogent Engineering*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1823159>
- 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), 408–420.
- Hidayat, R. (2019). *ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN STONE MATRIX ASPHALT DENGAN ABU AMPAS TEBU SEBAGAI FILLER PENGANTI (THE ANALYSIS OF STONE MATRIX ASPHALT MIXES USING BAGASSE ASH AS SUBSTITUTE FILLER)*. Universitas Islam Indonesia.
- M. yani, Bakti Suroso, R. (2019). Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(1), 74–83.
- Mahasiswa, J., & Negeri, U. (n.d.). *View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk*.
- No Title. (2018).
- Nugroho, C., Wulandari, D., Sakti, A. M., Nataria, A., & Ganda, F. (2024). *Analisis Material Komposit Berbasis Serat Tebu Dan Matriks Polyester Sebagai Bahan Pembuatan Helm*. 09(01), 284–289.
- Prasad, L., Kumar, S., Patel, R., Yadav, A., Kumar, V., & Winczek, J. (2020). Physical and Mechanical Behaviour of Sugarcane Bagasse Fibre-Reinforced Epoxy Bio-Composites. *Materials*, 13. <https://doi.org/10.3390/ma13235387>
- Pukanszky, B., & Anggono, J. (2021). *Machine Translated by Google Komposit Bagian A Komposit serat biobased PLA / ampas tebu : Pengaruh karakteristik serat dan adhesi antarmuka terhadap sifat-sifatnya*. 143.
- Ravichandran, M., Balasubramanian, M., Chairman, A., Pritima, D., Dhinakaran,

- V., & Stalin, B. (2020). Recent developments in Polymer Matrix Composites – A review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 988. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/988/1/012096>
- Sugar, I., Pertanian-peternakan, F., Malang, U. M., Timur, J., Pasuruan, K., & Timur, J. (2024). 1) 1) 2) 1). 4(2), 13–23.
- Xiong, H., Chen, Y., Pan, Y., & Shi, A. (2023). A Genome-Wide Association Study and Genomic PrCahyani, S., Sudirman, A., & Azis, A. (n.d.). Respons Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L .) Ratoon 1 terhadap Pemberian Kombinasi Pupuk Organik dan Pupuk Anorganik (*Vegetative Growth Response of Sugarcane [Saccharum officinarum* L .] Ratoon 1 to Combination of Organic Fertilizer and Inorganic Fertilizer). 4(2), 69–78.
- Civil, P., Journal, E., Pareang, A., & Tanan, B. (2023). Pengaruh Variasi Panjang Serat Tebu Sebagai Bahan Tambah Terhadap Indeks Perendaman Campuran AC-BC. 5(1), 185–193.
- Devadiga, D. G., Bhat, K. S., & Mahesha, G. T. (2020). Sugarcane bagasse fiber reinforced composites : Recent advances and applications MATERIALS ENGINEERING | REVIEW ARTICLE Sugarcane bagasse fiber reinforced composites : Recent advances and applications. *Cogent Engineering*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1823159>
- Effect, T., Fraction, F. V., Strength, T., Sugar, U., Reinforced, C. F.-, Matrix, P., & Bqtn, S. (2011). Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Sifat-sifat Tarik Komposit Diperkuat Unidirectional Serat Tebu dengan Matrik Poliester. 14(2), 133–138.
- Hidayat, R. (2019). ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN STONE MATRIX ASPHALT DENGAN ABU AMPAS TEBU SEBAGAI FILLER PENGGANTI (THE ANALYSIS OF STONE MATRIX ASPHALT MIXES USING BAGASSE ASH AS SUBSTITUTE FILLER). Universitas Islam Indonesia.
- Istiqlalayah, H., Fauzi, A. S., Nadliroh, K., & Mahmudi, H. (2023). Analisa Pengaruh Proses Alkali Pada Komposit Serat Tebu Bermatrik Polimer. 5(2), 189–200.
- Jeecae, A. E., Kurniawan, F., Basuki, I., & R, M. S. A. A. (2025). BERMATRIK

POLIPROPILENA MENGGUNAKAN METODE THERMAL BONDING TERHADAP KEKUATAN TARIK. 10(2), 23–27.

- Mahasiswa, J., & Negeri, U. (n.d.). *View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk.*
- Manurung, C. (2015). *Pengaruh jenis sebaran serat pada komposit serat tebu dan resin poliester terhadap sifat mekanis. 1, 29–37.*
- Niswah, H. (2024). *Pengaruh Perlakuan Alkali NaOH terhadap Kekuatan Tarik dan Lentur pada Buku Bambu Betung. Senastitan Iv, 1–8.*
- Nugroho, C., Wulandari, D., Sakti, A. M., Nataria, A., & Ganda, F. (2024). *Analisis Material Komposit Berbasis Serat Tebu Dan Matriks Polyester Sebagai Bahan Pembuatan Helm. 09(01), 284–289.*
- Nuhgraha, Y., Rosa, M. K. A., & Agustian, I. (2020). *Perancangan Alat Uji Impak Digital dengan Metode Charpy Untuk Mengukur Kekuatan Material Polimer. 10(2), 15–19.*
- Prasad, L., Kumar, S., Patel, R., Yadav, A., Kumar, V., & Winczek, J. (2020). *Physical and Mechanical Behaviour of Sugarcane Bagasse Fibre-Reinforced Epoxy Bio-Composites. Materials, 13. <https://doi.org/10.3390/ma13235387>*
- Pukanszky, B., & Anggono, J. (2021). *Machine Translated by Google Komposit Bagian A Komposit serat biobased PLA / ampas tebu : Pengaruh karakteristik serat dan adhesi antarmuka terhadap sifat-sifatnya. 143.*
- Ravichandran, M., Balasubramanian, M., Chairman, A., Pritima, D., Dhinakaran, V., & Stalin, B. (2020). *Recent developments in Polymer Matrix Composites – A review. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 988. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/988/1/012096>*
- Shabiri, A. N., Ritonga, R. S., Kimia, D. T., Teknik, F., & Utara, U. S. (2014). *PENGARUH RASIO EPOKSI / AMPAS TEBU DAN PERLAKUAN ALKALI PADA AMPAS TEBU TERHADAP KEKUATAN BENTUR KOMPOSIT. 3(3), 28–31.*
- Sugar, I., Pertanian-peternakan, F., Malang, U. M., Timur, J., Pasuruan, K., & Timur, J. (2024). *1) 1) 2) 1). 4(2), 13–23.*
- Teknik, J., Politeknik, K., Bengkalis, N., Teknik, J., Politeknik, P., & Bengkalis, N. (2018). *PENGARUH KEKUATAN STRUKTUR MATERIAL KOMPOSIT*

SANDWICH PLATE FIBERGLASS TERHADAP Material Komposit Fiberglass saat ini banyak digunakan sebagai bahan alternatif dihadapi ketika memakai bahan komposit pelat dengan proses injeksi . Duraposita chemical (Small Medium Idustrial Consultant), Prolyrethane yang pertama kali ditemukan oleh kimiawan asal bukan hanya dapat digunakan sebagai serat , menjadi busa sintetik dan digunakan dalam dalam bidang otomotif , furnitur , insulasi panas reaksi antara polyols dan isocyanate . 8(1).

WIYONO, Z. I. (2024). *STUDI KEKUATAN BENDING MATERIAL KOMPOSIT EPOXY HIBRIDA YANG BERPENGUAT SERAT NANAS DAN SERAT KARBON.*

Yudistira, I. P. H. (2023). *ANALISIS PENGARUH VARIASI WAKTU PERLAKUAN ALKALI TERHADAP KEKUATAN IMPACT KOMPOSIT POLYESTER.* 14(2), 393–399. <https://doi.org/10.21776/jrm.v14i2.1104>

Cahyani, S., Sudirman, A., & Azis, A. (n.d.). *Respons Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tebu (Saccharum officinarum L .) Ratoon 1 terhadap Pemberian Kombinasi Pupuk Organik dan Pupuk Anorganik (Vegetative Growth Response of Sugarcane [Saccharum officinarum L .] Ratoon 1 to Combination of Organic Fertilizer and Inorganic Fertilizer).* 4(2), 69–78.

Civil, P., Journal, E., Pareang, A., & Tanan, B. (2023). *Pengaruh Variasi Panjang Serat Tebu Sebagai Bahan Tambah Terhadap Indeks Perendaman Campuran AC-BC.* 5(1), 185–193.

Devadiga, D. G., Bhat, K. S., & Mahesha, G. T. (2020). Sugarcane bagasse fiber reinforced composites: Recent advances and applications MATERIALS ENGINEERING | REVIEW ARTICLE Sugarcane bagasse fiber reinforced composites: Recent advances and applications. *Cogent Engineering*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1823159>

Effect, T., Fraction, F. V., Strength, T., Sugar, U., Reinforced, C. F.-, Matrix, P., & Bqtn, S. (2021). *Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Sifat-sifat Tarik Komposit Diperkuat Unidirectional Serat Tebu dengan Matrik Poliester.* 14(2), 133–138.

Hidayat, R. (2019). *ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN STONE MATRIX ASPHALT DENGAN ABU AMPAS TEBU SEBAGAI FILLER PENGANTI*

(THE ANALYSIS OF STONE MATRIX ASPHALT MIXES USING BAGASSE ASH AS SUBSTITUTE FILLER). Universitas Islam Indonesia.

Istiqbaliah, H., Fauzi, A. S., Nadliroh, K., & Mahmudi, H. (2023). *Analisa Pengaruh Proses Alkali Pada Komposit Serat Tebu Bermatrik Polimer*. 5(2), 189–200.

Jeecae, A. E., Kurniawan, F., Basuki, I., & R, M. S. A. A. (2025). *BERMATRIK POLIPROPILENA MENGGUNAKAN METODE THERMAL BONDING TERHADAP KEKUATAN TARIK*. 10(2), 23–27.

Mahasiswa, J., & Negeri, U. (n.d.). *View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk*.

Manurung, C. (2015). *Pengaruh jenis sebaran serat pada komposit serat tebu dan resin poliester terhadap sifat mekanis*. 1, 29–37.

Niswah, H. (2024). *Pengaruh Perlakuan Alkali NaOH terhadap Kekuatan Tarik dan Lentur pada Buku Bambu Betung*. *Senastitan Iv*, 1–8.

Nugroho, C., Wulandari, D., Sakti, A. M., Nataria, A., & Ganda, F. (2024). *Analisis Material Komposit Berbasis Serat Tebu Dan Matriks Polyester Sebagai Bahan Pembuatan Helm*. 09(01), 284–289.

Nuhgraha, Y., Rosa, M. K. A., & Agustian, I. (2020). *Perancangan Alat Uji Impak Digital dengan Metode Charpy Untuk Mengukur Kekuatan Material Polimer*. 10(2), 15–19.

Prasad, L., Kumar, S., Patel, R., Yadav, A., Kumar, V., & Winczek, J. (2020). *Physical and Mechanical Behaviour of Sugarcane Bagasse Fibre-Reinforced Epoxy Bio-Composites*. *Materials*, 13. <https://doi.org/10.3390/ma13235387>

Pukanszky, B., & Anggono, J. (2021). *Machine Translated by Google Komposit Bagian A Komposit serat biobased PLA / ampas tebu: Pengaruh karakteristik serat dan adhesi antarmuka terhadap sifat-sifatnya*. 143.

Ravichandran, M., Balasubramanian, M., Chairman, A., Pritima, D., Dhinakaran, V., & Stalin, B. (2020). *Recent developments in Polymer Matrix Composites – A review*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 988. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/988/1/012096>

Shabiri, A. N., Ritonga, R. S., Kimia, D. T., Teknik, F., & Utara, U. S. (2014). *PENGARUH RASIO EPOKSI / AMPAS TEBU DAN PERLAKUAN ALKALI*

PADA AMPAS TEBU TERHADAP KEKUATAN BENTUR KOMPOSIT. 3(3), 28–31.

Sugar, I., Pertanian-peternakan, F., Malang, U. M., Timur, J., Pasuruan, K., & Timur, J. (2024). 1) 1) 2) 1). 4(2), 13–23.

Teknik, J., Politeknik, K., Bengkalis, N., Teknik, J., Politeknik, P., & Bengkalis, N. (2018). *PENGARUH KEKUATAN STRUKTUR MATERIAL KOMPOSIT SANDWICH PLATE FIBERGLASS TERHADAP Material Komposit Fiberglass saat ini banyak digunakan sebagai bahan alternatif dihadapi ketika memakai bahan komposit pelat dengan proses injeksi . Duraposita chemical (Small Medium Idustrial Consultant), Prolyrethane yang pertama kali ditemukan oleh kimiawan asal bukan hanya dapat digunakan sebagai serat , menjadi busa sintetik dan digunakan dalam dalam bidang otomotif , furnitur , insulasi panas reaksi antara polyols dan isocyanate . 8(1).*

WIYONO, Z. I. (2024). *STUDI KEKUATAN BENDING MATERIAL KOMPOSIT EPOXY HIBRIDA YANG BERPENGUAT SERAT NANAS DAN SERAT KARBON.*

Yudistira, I. P. H. (2023). *ANALISIS PENGARUH VARIASI WAKTU PERLAKUAN ALKALI TERHADAP KEKUATAN IMPACT KOMPOSIT POLYESTER. 14(2), 393–399. <https://doi.org/10.21776/jrm.v14i2.1104>*

Iqbal, M., Aminanda, Y., Firsia, T., Nazaruddin, Nasution, I. S., Erawan, D. F., ... & Nasution, A. R. (2023, January). *The effect of fiber content and fiber orientation on bending strength of abaca fiber reinforce polymer composite fabricated by press method. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2643, No. 1, p. 050055). AIP Publishing LLC.*



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila mendapat surat ini agar diberikan 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.Pj/PT/II/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 [umsu.medan](#) [umsu.medan](#) [umsu.medan](#) [umsu.medan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 2192/II.3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik MESIN Pada Tanggal 30 Oktober 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : FERNANDO WIBOWO
Npm : 2207230036
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : KARAKTERISTIK BENTUK PATAH MATERIAL KOMPOSIT
RESIN 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, 08 Jumadil Awal 1447 H
30 Oktober 2025 M

Dekan



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



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Karakteristik Bentuk Patah Material Komposit Resin
Polyester Berpenguat Serat Tebu
Nama : Fernando Wibowo
NPM : 2207230036
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 II	f
3.	Sabtu, 6/12/2025	Perbaiki BAB III	f
4.	Rabu, 10/12/2025	Acc Sempuro	f
5.	Senin, 17/1/2026	Perbaiki format	f
6.	Selasa, 4/8/2026	Perbaiki BAB IV	f
7.	Jumat, 7/8/2026	Acc Semhas	f
Acc Sidang			

Dosen Pembimbing



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

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

Nama : Fernando Wibowo
NPM : 2207230036
Judul Tugas Akhir : Karakteristik Bentuk Patah Material Komposit Resin Polyester Berpenguat Serat Tebu

TANDA TANGAN TIM DOSEN PENGUJI:

Pembimbing - I : Iqbal Tanjung S.T., M.T. :
Pembanding - I : Dr. Suherman, ST, MT :
Pembanding - II : Arya Rudi Nasution, S.T., M.T. : 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2207230106	Maghdafiaia Arya Pradipta	1. 
2	2207230028	RASYA DWI YANDA	2. 
3	2207230066	Muhammad Nurazmi	3. 
4	2107230088	Raja Amburita	4. 
5	2107230084	MUHAMMAD ACHYARI MUKTI SIREGAR	5. 
6			6.
7			7.
8			8.
9			9.
10			10.

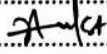
Medan, 15 Agustus 2026
Ketua Prodi. Teknik Mesin


(.....)

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

Nama : Fernando Wibowo
NPM : 2207230036
Judul Tugas Akhir : Karakteristik Bentuk Patah Material Komposit Resin Polyester Berpenguat Serat Tebu

TANDA TANGAN TIM DOSEN PENGUJI:

Pembimbing - I : Iqbal Tanjung S.T., M.T. :
Pembanding - I : Dr. Suherman, ST, MT :
Pembanding - II : Arya Rudi Nasution, S.T., M.T. : 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2207230106	Maghdafiaia Arya Pradipta	1. 
2	2207230028	RASYA DWI YANDA	2. 
3	2207230066	Muhammad Nurazmi	3. 
4	2107230088	Reja Amburita	4. 
5	2107230084	MUHAMMAD ACHYARI MUKTI SIREGAR	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 : Fernando Wibowo
NPM : 2207230036
Judul Tugas Akhir : Karakteristik Bentuk Patah Material Komposit Resin Polyester Berpenguat Serat Tebu
Dosen Pembimbing - I : Iqbal Tanjung S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - I : Dr. Suherman, ST, MT
Dosen Pembimbing - II : Arya Rudi Nasution, 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 pada draft skripsi
.....
.....
.....
.....

Diketahui:

Ketua Prodi. Teknik Mesin


(.....)

Medan, 15 Agustus 2026

Dosen Pembimbing - I


Dr. Suherman, ST, MT

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

Nama : Fernando Wibowo
NPM : 2207230036
Judul Tugas Akhir : Karakteristik Bentuk Patah Material Komposit Resin Polyester Berpenguat Serat Tebu
Dosen Pembimbing - I : Iqbal Tanjung S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - I : Dr. Suherman, ST, MT
Dosen Pembimbing - II : Arya Rudi Nasution, 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 :

- Penulisan belum sesuai dengan Template
- Masih belum sempurna pembahasannya Auda (BAB 4).
- Lihat Catatan pada Buku mohon di baca.

Diketahui:

Ketua Prodi. Teknik Mesin



(.....)

Medan, 15 Agustus 2026

Dosen Pembimbing - II²



Arya Rudi Nasution, S.T., M.T.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama	: Fernando Wibowo
Alamat	: Cikampak Tengah
Tempat, Tanggal Lahir	: Cikampak, 24 Desember 2003
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Umur	: 22 Tahun
Agama	: Islam
Status	: Belum Menikah
Email	: nandowibowo@gmail.com
Kewarganegaraan	: Indonesia
No. Telepon	: 082287183643
Moto Hidup	: Jangan takut berjalan lambat, takutlah jika hanya diam di tempat

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

2010-2016	: MI BAITURRAHMAN
2016-2019	: SMP NEGERI 6 TORGAMBA
2019-2022	: MADRASAH ALIYAH BUDAYA CIKAMPAK
2022-2026	: S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara