

PEMBUATAN PAPAN KOMPOSIT DARI BAHAN KULIT KAYU WARU DENGAN MENGGUNAKAN POLYESTER SEBAGAI MATRIKS

M. Rinaldi^{1*}, Hanif^{2*}, Jagodang Harahap³

¹Mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Medan – Banda Aceh Km. 280 Buketrata

*Penulis Koresponden: hanif@pnl.ac.id

Abstrak

Penggunaan serat alam sebagai *reinforcement* pada material komposit semakin duminati pada suatu dasawarsa terakhir ini. Hal ini disebabkan karena serat alam jebih ramah lingkungan, memiliki densitas yang rendah, kompatibel dengan alam. dan harganya yang relatif murah. Salah satu penggunaan serat alam pada material komposit adalah serat kulit pohon waru (*hibiscus tiliaceus*). Serat kulit pohon waru (*hibiscus tiliaceus*) memiliki potensi yang sangat baik sebagai *reinforcement* pada komposit karena serat kulit pohon waru (*hibiscus tillaceus*). Pada penelitian ini menggunakan empat variabel bebas yaitu variasi fraksi 30% 70%, 40%: 60%, 60%: 40% dan 70%: 30%. Hasil dari penelitian ini Nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada serat kulit kayu waru 40%: 60% dengan nilai kekuatan tarik 14,64 Mpa. Pengujian pengembangan tebal untuk variasi fraksi 30%: 70%, 40%: 60%, 60%: 40% dan 70%: 30% telah memenuhi syarat standar JIS A 5908-2003. Hasil pengembangan tebal tertinggi terdapat pada serat 40%: 60% dengan nilai pengembangan tebal 0,17% dan nilai pengembangan tebal terendah terdapat pada serat 30%: 70% dan 70%: 30% dengan nilai 0,25%.

Kata kunci: Kayu waru, *Reinforcement*, *hibiscus tiliaceus*.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Teknologi dan industri berkembang sangat pesat yang salah satunya adalah teknologi dalam bidang material komposit. Hal ini menyebabkan terdapatnya peningkatan kebutuhan material dengan karakteristik yang hampir sepadan dengan logam dalam memenuhi kebutuhan material di dunia industri [1]. Teknologi dalam bidang rekayasa material komposit serta perkembangan isu lingkungan hidup menyebabkan munculnya terobosan baru dalam menciptakan material-material yang berkualitas tinggi serta ramah lingkungan. Pemakaian akhir material komposit akan menyisakan residu yang tidak bisa terurai di alam dalam waktu singkat. Oleh karena itu, pemakaian material ramah lingkungan, mampu didaur ulang, dan mampu terurai sendiri di alam merupakan tuntutan teknologi saat ini [2].

Serat alam yaitu serat yang berasal dari alam (bukan buatan ataupun rekayasa manusia). Serat alam atau bisa dibilang sebagai serat alami ini yang biasa didapat dari serat tumbuhan seperti pohon bambu, pohon kelapa, pohon pisang serta tumbuhan yang lain yang terdapat serat pada batang maupun daunnya. Serat alam yang berasal dari binatang, antara lain sutera, ilama dan wool. Penelitian dan penggunaan serat alami berkembang sangat pesat, ini karena serat alami banyak memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat buatan [3].

Penggunaan serat alam sebagai *reinforcement* pada material komposit semakin diminati pada suatu dasawarsa terakhir ini. Hal ini disebabkan karena serat alam lebih ramah lingkungan, memiliki densitas yang rendah, kompatibel dengan alam, dan harganya yang relatif murah. Salah satu penggunaan serat alam pada material komposit adalah serat kulit pohon waru

(*hibiscus tiliaceus*). Serat kulit pohon waru (*hibiscus tiliaceus*) memiliki potensi yang sangat baik sebagai *reinforcement* pada komposit karena serat kulit pohon waru (*hibiscus tiliaceus*) banyak digunakan sebagai tali tampar untuk hewan ternak dan kerajinan karena memiliki kekuatan dan ketangguhan. Serat batang kulit waru adalah salah satu. jenis serat alam yang berpotensi sebagai penguat material komposit [4].

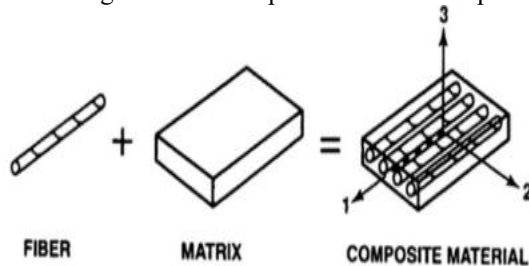
Ada juga penelitian tentang karakterisasi kekuatan mekanis hybrid komposit berpenguat serat kulit waru (*hibiscus tiliaceus*) [5], tujuan penelitian ini adalah untuk mengkarakterisasi sifat mekanis material komposit. [6] analisis kekuatan impak komposit serat batang pohon waru (*hibiscus tiliaceus*), tujuannya untuk mengidentifikasi pengaruh dari beberapa perlakuan yang dilakukan yaitu, perendaman serat dan pemanasan dalam larutan. Pengaruh waktu perendaman serat kulit pohon waru (*hibiscus tiliaceus*) pada air laut terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik [7], tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh perendaman serat pohon kulit waru pada air laut terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik. [8] karakteristik kekuatan bending dan hidrofobitas komposit serat kulit waru (*hibiscus tiliaceus*) kontinyu bermatrik pati ubi kayu, tujuan dari penelitian ini pengujian eksperimen menggunakan standar uji bending ASTM C 393 (1997) dan standar uji pengembangan ASTM D570-81.

Dari hasil penelitian literatur belum di temukan komposit analisis sifat mekanik pada komposit serat kulit dari pohon waru dengan matriks polyester dan pengembangan papan. Oleh karena itu, penulis akan mengangkat topik ini sebagai bahan judul skripsi tersebut.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda-beda. Dari pencampuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya [9]. Berikut gambar. 1 merupakan ilustrasi komposit.



Gambar. 1 Ilustrasi komposit

Sifat bahan komposit sangat dipengaruhi oleh sifat dan distribusi unsur penyusun, serta interaksi antara keduanya. Parameter penting lain yang mungkin mempengaruhi sifat bahan komposit adalah bentuk, ukuran, orientasi dan distribusi dari penguat (*filler*) dan berbagai ciri-ciri dari matriks.[10]

2.1.1 Panjang Serat

Panjang serat pada proses manufaktur komposit serat pada matriks sangat berpengaruh untuk kekuatan material komposit. Ada dua tipe penggunaan serat, yaitu serat pendek dan serat panjang [11]. Serat panjang lebih kuat dibanding dengan serat pendek, serat panjang lebih efisien terhadap peletakannya dibandingkan dengan serat pendek. Tetapi serat pendek dapat dengan mudah untuk peletakannya dibandingkan terhadap serat panjang. Pada penelitian ini penulis akan menggunakan serat pendek sebagai *filler*.

2.2 Serat Alam

Serat alam dapat diperoleh dari tanaman pisang, bambu, nanas, kelapa, kenaf, lalang dan lain-lain. Selain itu serat alam mulai mendapatkan perhatian dari para ahli material komposit karena serat alam memiliki kekuatan spesifik yang tinggi karena serat alam memiliki berat jenis yang rendah [12]. Serat alam merupakan bahan baku yang berasal dari tumbuhan, hewan, atau mineral yang dapat digunakan untuk berbagai produk.

2.3 Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan Komposit

Berikut ada beberapa faktor yang mempengaruhi sifat mekanik material komposit serat alam, adalah sebagai berikut :

2.3.1 Faktor serat

Serat berfungsi sebagai bahan pengisi matrik yang digunakan sebagai memperbaiki sifat dan struktur dari matrik yang tidak dimilikinya. Dan juga dapat mampu sebagai bahan penguat untuk sebagai bahan penguat dari matrik pada material komposit sebagai menahan gaya atau tekanan yang terjadi [13].

2.3.2 Letak Serat

Pada proses manufaktur komposit, tata letak dan arah serat dalam matrik dapat menentukan kekuatan mekanik dari material komposit. Tata letak dan arah serat dapat di klasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu:

1. *One dimensional rainforment*

Memiliki kekuatan dan modulus yang optimum pada arah serat horizontal serat.

2. *Two dimensional rainforment (Planar)*

Memiliki kekuatan pada dua arah serat atau masing-masing arah serat orientasi.

3. *Three dimensional rainforment*

Memiliki sifat isotropic yang memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan dengan dua tipe sebelumnya.

2.3.3 Panjang Serat

Panjang serat pada proses manufaktur komposit serat pada matrik sangat berpengaruh untuk kekuatan material komposit. Ada dua tipe penggunaan serat, yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding dengan serat pendek, serat Panjang lebih efisien terhadap peletakannya dibandingkan dengan serat pendek. Tetapi serat pendek dapat dengan mudah untuk peletakannya dibandingkan terhadap serat panjang.

2.3.4 Bentuk Serat

Bentuk serat dalam proses manufaktur komposit tidak begitu berdampak terhadap kekuatan mekanik dari material komposit, yang berdampak ialah ukuran seratnya. Pada dasarnya semakin kecil ukuran seratnya, maka dapat menghasilkan kekuatan komposit yang lebih besar.

2.3.5 Faktor Matriks

Matrik pada proses manufaktur komposit bertugas sebagai bahan pengikat serat untuk menjadi suatu struktur meneruskan dan memindahkan beban eksternal terhadap bidang geser serat dan matrik yang membuat keduanya bisa saling berhubungan, dan melindungi dari kerusakan eksternal.

2.3.6 Serat Kulit Kayu Waru

Tumbuhan waru mudah ditemukan dan biasanya tumbuh liar dengan akar panjang yang mengganggu, oleh karena itu di tebang agar terlihat rapi. Serat pada kulit tumbuhan waru memiliki keistimewaan yaitu sangat ulet dan cocok untuk digunakan sebagai penguat material komposit. Serat kulit kayu waru banyak mengandung lapisan dinding yang berasal dari cambium, oleh karena itu sebelum digunakan sebagai penguat komposit harus dilakukan perlakuan menggunakan NaOH untuk menghilangkan lapisan tersebut. Perlakuan pada serat bertujuan untuk meningkatkan ikatan *interface* yang kuat antara serat dengan matriks nya [14]. Berikut merupakan gambar 2 memperlihatkan serat kulit kayu waru.



Gambar .2 Serat kulit kayu waru

2.4 Variasi Fraksi Volume

Fraksi volume merupakan perbandingan antara serat (penguat) dan juga matriks (perekat) yang digunakan sebagai pembuatan material komposit. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh [15]. Pada penelitian ini direncanakan menggunakan ukuran serat kulit kayu waru dengan Panjang 3-5mm untuk mengetahui sifat mekanik papan komposit dari serat kulit waru tersebut dengan menggunakan matriks resin polyester. Pengujian yang dilakukan pada papan komposit ini yaitu uji tarik dan uji pengembangan papan komposit.

2.5 Resin Polyester

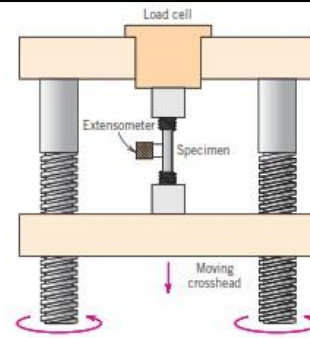
Resin poliester tak jenuh biasa disebut poliester karena asam tak jenuh merupakan bagian dari asam dibasa, yang menyebabkan terdapatnya ikatan tak jenuh dalam rantai utama dari polimer yang dihasilkan. Karena berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pencampuran, sehingga dalam proses pencetakan tidak penekanan [16]. Resin polyester merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang menggunakan resin termoset, baik itu secara terpisah maupun dalam bentuk material komposit.

Tabel 1. sifat resin *polyester*

Sifat Mekanik dan Fisik <i>Polyester</i>	<i>Polyester</i>
Massa Jenis (g/cm^3)	1.4
Kekuatan Tarik (MPa)	40
Kekuatan Tarik (GPa)	3.3
Kekuatan Tekuk (MPa)	45
Regangan Saat Gagal (%)	1

2.6 Pengujian Tarik

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terus menerus, sehingga bahan (perpajangannya) terus menerus meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan menentukan nilai tarik [17]. Gambar. 3 memperlihatkan contoh pengujian tarik.



Gambar 3 Pengujian tarik

Reduksi penampang dapat juga di gunakan untuk menentukan keuletan material. Adapun hal-hal yang mempengaruhi kekuatan tarik pada komposit antara lain:

1. Kelembaban

Pengaruh kelembaban ini akan mengakibatkan bertambahnya udara yang di serap, akibatnya akan menaikkan regangan patah, sedangkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya menurun.

2. Laju tegangan

Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landau, modulus elastisitasnya rendah. Sedangkan kalau laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat tetapi regangannya mengecil.

2.7 Pengujian Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal merupakan bertambahnya dimensi papan dengan bertambahnya ketebalan dari papan tersebut. Nilai pengembangan tebal akan meningkat seiring dengan bertambahnya besarnya nilai daya serap air [18]. Pengujian pengembangan tebal dilakukan dilakukan 72 jam (3 hari).

Pengembangan tebal papan partikel bisa dihitung dengan rumus:

$$\text{Penambahan Tebal} = \frac{\text{Tebal Awal (cm)} - \text{Tebal Sesudah Perendaman (cm)}}{\text{Tebal Sesudah Perendaman (cm)}} = 100\%$$

3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Adapun yang dimaksud dengan eskperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk menguji hipotesis dan mendapatkan pemahaman mendalam tentang fenomena alam. Adapun yang menjadi objek dari penelitian ini adalah pembuatan papan komposit serat kulit pohon kayu waru bermatriks *polyester*, dengan pengujian tarik dan pengujian pengembangan.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dilakukan penelitian ini adalah Pembuatan dan pemotongan spesimen dilakukan di Laboratorium Teknologi Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe. Proses pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe. Pengujian

pengembangan papan komposit dilakukan di Laboratorium Uji Material dan Karakteristik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe. Dan waktu penelitian dimulai dari bulan april 2025, setelah melewati tahapan seminar proposal dan disetujui pelaksanaannya.

3.2 Alat dan Bahan

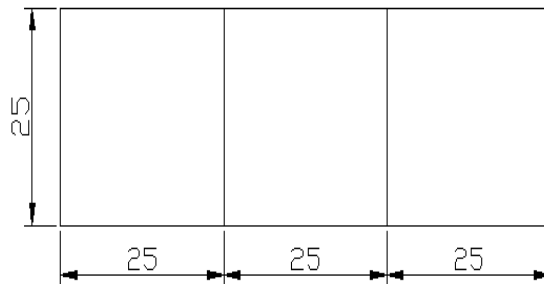
Dalam penelitian ini terdapat persiapan alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan papan komposit, dimana bahan yang dipilih adalah bahan yang telah memenuhi standar. Adapun alat bantu dan alat pengujian yang telah disiapkan untuk dilakukan proses pembuatan papan komposit yaitu sebagai berikut :

3.2.1 Alat

Adapun beberapa peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan papan komposit :

1. Cetakan

Cetakan terbuat dari kaca dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 0,5 cm dan *doubletip*. Cetakan berfungsi sebagai tempat cetakan spesimen pada proses pembuatan papan komposit. Cetakan tersebut mengikuti ukuran standar uji *spesimen* yang telah ditentukan. Adapun cetakan tersebut dapat dilihat pada gambar. 4.



Gambar 4 Cetakan

2. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang jumlah fraksi serat pendek kulit waru dan resin *polyester* yang akan dicampur sesuai fraksi *volume* yang sudah ditentukan. Adapun timbangan digital dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Timbangan Digital

3. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk memudahkan dalam mengukur takaran resin yang akan digunakan untuk pembuatan papan komposit. Adapun gelas ukur dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Gelas Ukur

4. Wadah

Wadah digunakan untuk melakukan pencampuran resin *polyester* dan juga serat pendek kulit waru. Adapun wadah dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Wadah

5. Mixer

Mixer digunakan untuk mencampurkan resin *polyester* dan serat kulit waru. *Mixer* juga digunakan untuk mengaduk campuran resin agar proses pencampuran lebih merata dan hasil yang optimal. Adapun *mixer* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Mixer

6. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi dari material komposit yang akan diuji. Adapun jangka sorong dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Jangka Sorong



Gambar 12 Katalis

3.2.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan diantaranya sebagai berikut :

1. Serat Kulit Waru

Serat kulit waru digunakan sebagai *filler* komposit pada pembuatan spesimen papan komposit. Jenis pohon waru yang akan digunakan adalah pohon waru laut. Adapun serat kulit waru dan jenis pohon waru dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 (a) Kulit Waru (kiri). (b) Jenis Pohon Waru Laut (kanan)

2. Resin *Polyester Yukalac 157 BQTN-EX*

Resin poliester yang digunakan adalah resin *Polyester Yukalac 157 BQTN-EX* digunakan sebagai bahan matriks. Adapun resin *Polyester* dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11 Resin *Polyester*

3. Katalis

Katalis yang digunakan adalah MEKP (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*) sebagai bahan pengeras resin *polyester*. Adapun katalis dapat dilihat pada gambar 12.

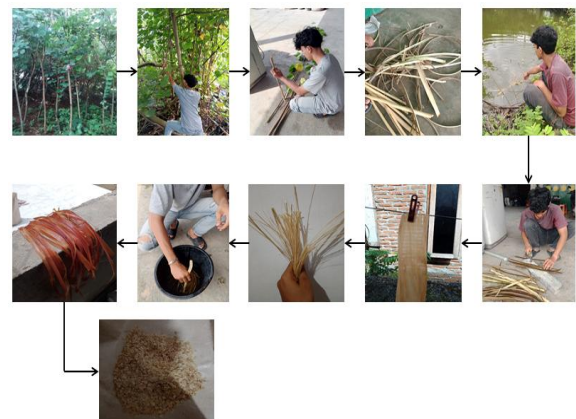
3.3 Metode Penyiapan Serat Kulit Pohon Waru

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah mencari pohon waru yang ada didekat pantai. Kemudian potong ranting-ranting pohon waru sesuai yang diinginkan, setelah itu iris kulit luar yang ada di ranting pohon waru. Setelah diiriskan kulit luarnya kemudian iriskan kulit dalam ranting waru tersebut. Setelah melakukan irisan tersebut kemudian rendam kulit tersebut menggunakan NaOH dengan waktu lebih kurang 4 jam.

Setelah di rendam menggunakan NaOH kulit waru tersebut di jemur di bawah terik matahari lebih kurang selama 1 minggu. Setelah dijemur kulit waru tersebut dipotong kecil-kecil dengan ukuran 3-5 mm lalu kemudian bisa melanjutkan pencetakan spesimen. Gambar 13 dan gambar 14 memperlihatkan proses kulit waru menjadi serat kulit waru.



Gambar 13 Siklus Proses Kulit Waru Menjadi Serat



Gambar 14 Proses Kulit Waru Menjadi Serat

3.4 Pemilihan Matriks Komposit

Matriks yang digunakan adalah resin *polyester Yukalac 157 BQTN-EX* yang memiliki densitas 1,4 g/cm³.

3.4.1 Metode Variasi Fraksi Volume

Komposit akan dibuat dengan variasi fraksi *volume* komposisi serat pendek kulit kayu waru dicampurkan ke matriks resin *polyester* dengan komposisi 30% : 70%, 40% : 60%, 60% : 40% dan 70% : 30%. Tabel 2 berikut adalah komposisi serat kulit waru dan resin *polyester*.

Tabel 2 Variasi Fraksi Volume Resin Polyester

Kode	Serat Kulit Waru	Resin Polyester
A	30%	70%
B	40%	60%
C	60%	40%
D	70%	30%

Perhitungan fraksi *volume* serat kulit kayu waru adalah sebagai berikut :

- a. *Volume* cetakan
 $V_{ctk} = P \times L \times T$
 $V_{ctk} = 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm}$
 $V_{ctk} = 200 \text{ cm}^3$

Keterangan:

- V_{ctk} = *Volume* Cetakan (cm^3)
- P = Panjang Cetakan (cm)
- L = Lebar Cetakan (cm)
- T = Tebal Cetakan (cm)

- b. *Volume* matriks dan serat
 $V_f = \text{Persentase matriks dan serat (\%)} \times V_{ctk}$
 $V_f = 30\% : 70\% \times 200 \text{ cm}^3$

Keterangan:

V_f : *Volume* serat (g/cm^3)

- a. Massa matriks dan serat
 $M_f = V_f \times \text{Massa jenis}$

Fraksi 30 %
 $= V \times \text{variasi}$
 $= 200 \text{ cm}^3 \times 30\% = 60$
 (3.1)
 $= V \times \rho$ (serat kulit waru)
 $= 60 \times 0,79 \text{ g}/\text{cm}^3$
 $= 47,4 \text{ gram}$

Keterangan V = *Volume* Cetakan
 ρ = Densitas

Fraksi 70 %
 $= V \times \text{variasi}$
 $= 200 \text{ cm}^3 \times 70\% = 140$
 (3.2)
 $= V \times \rho$ (resin *polyester*)
 $= 140 \times 1,4 \text{ g}/\text{cm}^3$
 $= 196 \text{ gram}$

Keterangan V = *Volume* Cetakan
 ρ = Densitas

Berikut adalah hasil perhitungan fraksi *volume* yang telah digunakan dalam pembuatan spesimen uji tersebut. Tabel 3.2 merupakan berat yang dihasilkan fraksi *volume* dari spesimen papan komposit dari bahan

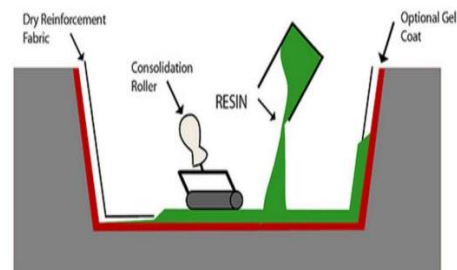
kulit kayu waru dengan menggunakan *polyester* sebagai matriks.

Tabel 3 Fraksi Volume Komposit Serat Kulit Kayu Waru

Spesimen	Serat Kulit Waru	Polyester
SW 30% : 70%	47,4 gram	196 gram
SW 40% : 60%	63,2 gram	168 gram
SW 60% : 40%	94,8 gram	112 gram
SW 70% : 30%	110,6 gram	84 ram

3.5 Metode Pembuatan Komposit Serat Kulit Kayu Waru

Komposisi material pembentuk komposit terdiri dari serat kulit kayu waru sebagai *filler*. Resin *polyester* sebagai matriks atau pengikat yang meningkatkan kekuatan suatu material. Pembuatan material papan komposit melakukan metode *hand lay-up* di Laboratorium Riset Pengembangan Teknologi dan Inovasi Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe.



Gambar 15 Metode Hand lay-up

3.6 Pembuatan cetakan komposit

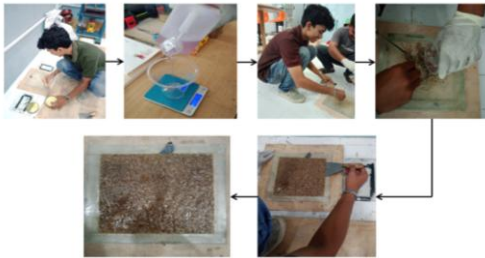
Dalam pembuatan spesimen pada penelitian ini memerlukan cetakan sebagai pembentukan serat dan resin agar sesuai dengan standar yang digunakan. Penelitian ini menggunakan 2 standar pengujian yaitu, metode ISO/IEC 12207 untuk pengujian pengembangan pada komposit tersebut dan ASTM C177 digunakan untuk pengujian tarik. Adapun cetakan ini terbuat dari beberapa bahan yaitu kaca, *doubletip* dan *mirror glass*. Kaca digunakan untuk landasan cetakan agar spesimen rata dan lurus, *mirror glass* digunakan untuk melapisi kaca agar spesimen tidak lengket karena campuran resin dapat masuk ke pori-pori papan. Gambar 3.13 berikut merupakan cecatan yang sudah dibuat.



Gambar 16 Cetakan

3.7 Pembuatan spesimen komposit kulit waru

Proses pembuatan komposit diawali dengan cetakan yang telah dibuat sebelumnya dilapisi landasan dengan *mirror glass* untuk mempermudah pelepasan spesimen komposit setelah dicetak. Kemudian langkah selanjutnya menggunakan *safety*/pelindung saat melakukan penelitian, seperti sarung tangan, pelindung mata, pelindung pernapasan (masker) dan lain-lain. Selanjutnya dilakukan penuangan resin kedalam wadah sesuai dengan data perhitungan fraksi berat. Kemudian masukkan serat kulit kayu waru. Setelah campuran resin dan serat kulit kayu waru dirasa sudah dicampur dengan baik, maka campuran akan dituangkan kedalam cetakan komposit. Setelah proses pencetakan selesai, komposit akan dibiarkan pada suhu kamar untuk proses pengerasannya.

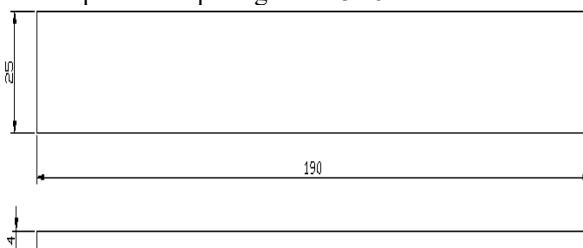


Gambar 17 Proses Pembuatan Spesimen Komposit Serat Kulit Waru

3.8 Pengujian Tarik

Tahapan Langkah-langkah pembentukan spesimen untuk dilakukan pengujian tarik pada komposit dari bahan kulit kayu waru dengan menggunakan *polyester* sebagai matriks adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan material komposit untuk proses pemotongan spesimen.
2. Melakukan pemotongan material komposit dengan berpedoman pada standar uji ASTM D3039. Untuk ukuran standar ASTM D3039 dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 18 Ukuran Spesimen Uji Tarik ASTM D3039

Keterangan:

Panjang	: 190 mm
Lebar	: 25 mm
Tebal	: 4 mm

Adapun langkah-langkah pengujian tarik adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen yang akan diuji.
2. Mesin kemudian dihidupkan, lalu benda uji dipasangkan pada grip.
3. Grip dikencangkan, dan jangan terlalu keras agar tidak merusak spesimen uji.

4. Pemasangan *extensometer* pada spesimen uji dan nilai *elongation*nya diatur menjadi nol.
5. Nilai beban diatur juga menjadi nol.
6. Kecepatan uji diatur, area *start* ditekan sebanyak dua kali kemudian tombol *down* ditekan.
7. Setelah data dari pengujian tarik didapatkan, proses pengujian tarik diulang untuk pengujian komposit selanjutnya sampai selesai.

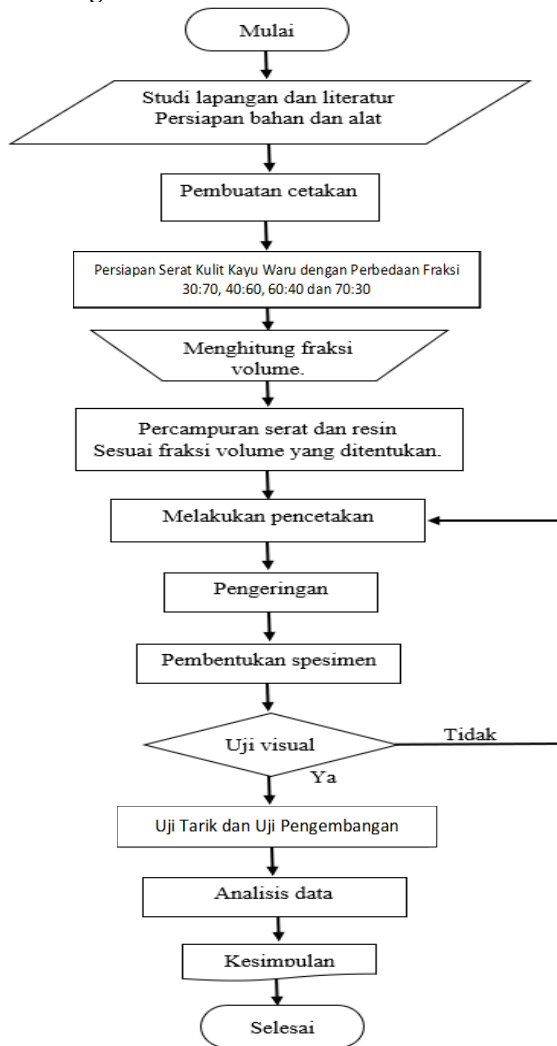
3.9 Pengujian Pengembangan Tebal

Tahapan Langkah-langkah pembentukan spesimen untuk dilakukan pengujian tarik pada komposit dari bahan kulit kayu waru dengan menggunakan *polyester* sebagai matriks adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan sampel uji berukuran (p) 5 cm, lebar (l) 5 cm dan tebal (t) 0,5 cm.
2. Mengukur tebal papan komposit dalam keadaan kering yang telah dibuat dan melalui proses penyimpanan selama 14 hari yang bertujuan agar papan komposit sudah dalam keadaan stabil.
3. Setelah mengukur tebalnya dan diperoleh nilai tebal papan dalam keadaan kering, maka papan komposit tersebut direndam dalam air dingin selama 24 jam hingga mencapai massa konstan papan komposit.
4. Setelah direndam, maka papan komposit diukur kembali, untuk memperoleh nilai ketebalan papan komposit setelah direndam, kemudian mencatat data-data pengukuran.
5. Setelah memperoleh data-data pengukuran, maka nilai pengembangan tebal diperoleh dengan:

$$\text{Penambahan Tebal} = \frac{\text{Tebal Awal (cm)} - \text{Tebal Sesudah Perendaman (cm)}}{\text{Tebal Sesudah Perendaman (cm)}} = 100\%$$

3.10 Diagram Alir Penelitian



Gambar 19 Diagram Alir Penelitian

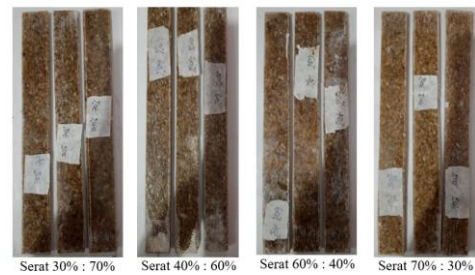
4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil Pembuatan Spesimen

Gambar 20 berikut dibawah ini merupakan gambar spesimen papan komposit dari bahan kulit kayu waru yang telah dibuat berdasarkan variasi fraksi 30% : 70%, 40% : 60%, 60% : 40% dan 70% : 30%. Dan hasil spesimen yang sudah dikeringkan dipotong sesuai ukuran standar pengujian uji tarik dan uji pengembangan tebal. Gambar 20 memperlihatkan wujud spesimen yang sudah dicetak, dan gambar 21 wujud spesimen uji tarik yang sudah dipotong sesuai standar ASTM D3039.



Gambar 20 Spesimen yang Sudah dicetak



Gambar 21 Spesimen uji tarik

4.1.1 Data Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan setelah proses pembuatan papan komposit dari bahan kulit kayu waru dengan menggunakan *polyester* sebagai matriks guna mengetahui besarnya kekuatan tarik komposit dengan fraksi volume yang berbeda. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM), dengan merk MTS model *Exceed E43*.

Adapun hasil pengujian tarik terhadap 3 (tiga) variasi fraksi 30% : 70%, 40% : 60%, 60% : 40% dan 70% : 30% yang dilakukan pada Tanggal 19 Agustus 2025 di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 Data Hasil Pengujian Tarik

Variasi fraksi	Spesimen	Tensile Strength (MPa)	Rata-rata Tensile Strength (MPa)
30% : 70%	1A	1,47	3,62
	2A	2,04	
	3A	7,35	
40% : 60%	1B	7,42	14,64
	2B	18,22	
	3B	18,28	
60% : 40%	1C	3,35	3,80
	2C	2,47	
	3C	5,59	
70% : 30%	1D	1,62	3,59
	2D	3,57	
	3D	5,58	

4.1.2 Hasil Pengujian Pengembangan Tebal

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran ketebalan papan komposit dari bahan kulit kayu waru dengan menggunakan *polyester* sebagai matriks sebelum direndam didalam air. Perendaman dilakukan selama 3 hari (72 jam), setelah 3 hari (72 jam) perendaman sampel papan komposit dari bahan kulit kayu waru dengan menggunakan *polyester* sebagai matriks dilakukan pengukuran kembali ketebalan sampel papan komposit dan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Penambahan Tebal} = \frac{\text{Tebal Awal (cm)} - \text{Tebal Sesudah Perendaman (cm)}}{\text{Tebal Sesudah Perendaman (cm)}} = 100\%$$

Uji penambahan tebal digunakan untuk menyatakan penambahan tebal papan komposit dari bahan kulit kayu waru dengan menggunakan *polyester* sebagai matriks. Berdasarkan data-data yang didapat dari hasil pengujian penambahan tebal papan komposit dari bahan kulit kayu waru dapat dilihat pada tabel 5

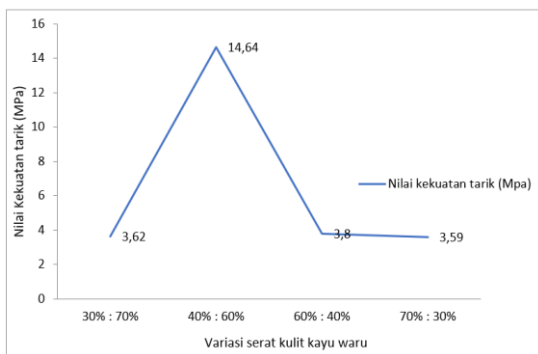
Tabel 5 Hasil Uji Pengembangan Tebal

Sampel	Komposisi (%)		t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	pt (%)	Nilai rata-rata
	Serat Kulit Waru	Polyester				
1	30%	70%	5	5,001	0,02	0,09%
			5	5,001	0,02	
			5	5,012	0,24	
2	40%	60%	5	5,013	0,26	0,17%
			5	5,001	0,02	
			5	5,012	0,24	
3	60%	40%	5	5,013	0,26	0,1%
			5	5,001	0,02	
			5	5,001	0,02	
4	70%	30%	5	5,001	0,02	0,09%
			5	5,012	0,24	
			5	5,001	0,02	

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisa Pengaruh Variasi Serat Kulit Kayu Waru Terhadap Kekuatan Tarik

Dari Tabel 4 merupakan hasil pengujian tarik terhadap pengaruh variasi fraksi 30% : 70%, 40% : 60%, 60% : 40% dan 70% : 30%, sebagaimana terlihat pada Grafik berikut:



Gambar 22 Nilai kekuatan tarik terhadap variasi fraksi serat kulit kayu waru

Berdasarkan Gambar 4.3 Dapat dilihat bahwa pengaruh variasi fraksi serat kulit kayu waru pada papan komposit terhadap nilai kekuatan tarik dengan variasi fraksi 30% : 70%, 40% : 60%, 60% : 40% dan 70% : 30%, memiliki nilai kekuatan tarik secara

berturut-turut ialah 3,62 MPa, 14,64 Mpa, 3,8 Mpa dan 3,59 Mpa.

Menyatakan bahwa semakin banyak serat maka semakin tinggi nilai kekuatan tarik, bila semakin sedikit serat maka nilai kekuatan tarik semakin kecil. Akan tetapi pada penelitian ini serat kulit kayu waru yang mengalami penurunan nilai kekuatan tarik pada variasi fraksi 60% : 40% dan 70% : 30%, dimana nilai kekuatan tarik berada dibawah serat kulit kayu waru 40% : 60%. Penurunan nilai kekuatan tarik pada variasi fraksi 60% : 40% dan 70% : 30% disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

1. Penurunan kekuatan nilai tarik komposit kulit durian disebabkan oleh kurang seragamnya kondisi pada variasi fraksi 60% : 40% dan 70% : 30% ketidak ratanya campuran resin *polyester* dan serat serat kulit kayu waru pada cetakan.
2. Penurunan nilai kekuatan tarik komposit dikarenakan oleh adanya void/lubang pada papan komposit serat kulit kayu waru yang menyebabkan kerusakan yang lebih dahulu sebelum terjadi pengujian.
3. Selain itu juga karena pengaruh posisi dari serat kulit kayu waru yang tidak saling berkaitan yang menyebabkan mudahnya retak komposit pada matriksnya. Di dalam teori, panjang serat sangat mempengaruhi nilai kekuatan tarik.
4. Dan juga penurunan terjadi karena pada saat pembuatan komposit, antara resin polyester dengan serat kulit kayu waru dengan variasi fraksi 60% : 40% dan 70% : 30%, kurang terikat atau tercampur dengan sempurna.
5. Orientasi serat yang tidak searah (acak) yang mengakibatkan beban yang diterima tidak dapat didistribusikan secara merata oleh matrik pengikat, sehingga hanya sebagian dari serat yang ikut menahan beban bersama dengan matrik pengikat.
6. Kurang kuatnya ikatan antara matrik pengikat dengan serat penguat ini akan menyebabkan *debonding* (lepasnya ikatan antara serat dengan matrik).

Selain yang tersebut di atas, dimungkinkan juga ada faktor lain yang menyebabkan hasil pengujian tarik mengalami penurunan pada serat kulit kayu waru dengan variasi fraksi 60% : 40% dan 70% : 30% adalah sebagai berikut:

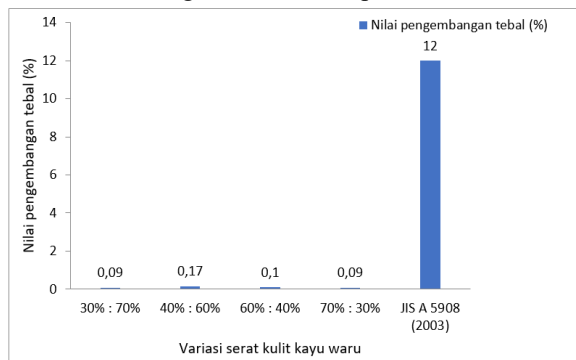
1. Proses pembuatan benda uji, proses pembuatan yang dilakukan adalah secara manual dengan proses *hand lay-up* sederhana, sehingga hasil cetakan kurang sempurna jika dibandingkan dengan hasil proses fabrikasi.
2. Faktor pengujian dan pengambilan data, faktor ini merupakan faktor teknis yang sulit dihadirkan dalam pengujian yang disebabkan beberapa hal antara lain:
 - a. Kurang hati-hati dalam pemasangan benda uji ke dalam mesin uji tarik yang dapat mengakibatkan kerusakan awal pada benda uji yang tidak dideteksi sebelum bahan diberikan.
 - b. Pemasangan benda uji yang tidak lurus dengan arah penarikan pada mesin uji tarik

sehingga menimbulkan momen lengkung pada benda uji. Hal ini mempengaruhi menyebabkan patahan pada daerah dekat pemegang benda uji.

4.2.2 Analisa Pengaruh Variasi Serat Kulit Kayu Waru Terhadap Pengembangan Tebal

Selain sifat fisi kerapatan (densitas), sifat fisis yang lain yang Pengembangan tebal merupakan sifat dari papan komposit yang sangat menentukan apakah suatu dapat digunakan untuk bahan *furniture*. Apabila pengembangan tebal papan komposit tinggi maka stabilitas dimensi produk tersebut tidak dapat digunakan untuk penggunaan bahan *furniture* atau dalam jangka waktu panjang karena sifat mekanik yang dikandungnya akan mengalami penurunan.

Dari Tabel 5 merupakan hasil pengujian pengembangan tebal terhadap pengaruh variasi fraksi variasi fraksi 30% : 70%, 40% : 60%, 60% : 40% dan 70% : 30%, sebagaimana terlihat pada Grafik berikut:



Gambar 23 Nilai pengembangan tebal terhadap variasi fraksi serat kulit kayu waru

Berdasarkan Gambar 23, nilai rata-rata pengembangan tebal papan komposit dengan variasi fraksi variasi fraksi 30% : 70%, 40% : 60%, 60% : 40% dan 70% : 30% secara berturut-turut adalah 0,09%, 0,17%, 0,1% dan 0,09%.

Pada umumnya, semakin tinggi sifat daya serap air maka semakin tinggi sifat pengembangan tebal, begitu pula sebaliknya. Pengembangan tebal dapat disebabkan oleh absorpsi air. Pada penelitian ini, secara keseluruhan nilai pengembangan tebal sudah memenuhi standar JIS A 5908-2003, yaitu maksimal 12%. Sifat pengembangan tebal papan komposit kulit kayu waru merupakan salah satu sifat fisis yang akan menentukan suatu papan komposit dapat digunakan untuk keperluan *interior* atau *eksterior*. Apabila pengembangan tebal papan komposit kulit kayu waru tinggi berarti stabilitas dimensi produk tersebut rendah, sehingga produk tersebut tidak dapat digunakan untuk keperluan eksterior dan sifat mekanisnya akan menurun dalam jangka waktu yang tidak lama.

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan mengenai pembuatan papan komposit dari bahan kulit kayu waru

dengan menggunakan *polyester* sebagai matriks, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

Yang pertama: Telah berhasil pembuatan papan komposit dari bahan kulit kayu waru dengan menggunakan *polyester* sebagai matriks. Pembuatan komposit tersebut dibuat dengan variasi fraksi 30% : 70%, 40% : 60%, 60% : 40% dan 70% : 30%. Yang kedua: Nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada serat kulit kayu waru 40% : 60% dengan nilai kekuatan tarik 14,64 Mpa. Yang ketiga: Pengujian pengembangan tebal untuk variasi fraksi 30% : 70%, 40% : 60%, 60% : 40% dan 70% : 30% telah memenuhi syarat standar JIS A 5908-2003. Hasil pengembangan tebal tertinggi terdapat pada serat 40% : 60% dengan nilai pengembangan tebal 0,17 % dan nilai pengembangan tebal terendah terdapat pada serat 30% : 70% dan 70% : 30% dengan nilai 0,09 %.

6. Daftar Pustaka

- [1] H. Stefan Enus, G. Soebiyakto, A. Rizki Fadhillah, and D. Hermawan, "Analisa Tensile Strength Komposit Serat Kulit Pohon Waru dengan Kombinasi Serat Karbon Kevlar Sebagai Material Reinforcement," *Infotekmesin*, vol. 14, no. 2, pp. 250–256, 2023,
- [2] J. R. Material and M. Energi, "Analisis Signifikansi Roda Skateboard Berbahan Komposit Serbuk Batang Pisang Terhadap Performa Kecepatan Dengan Metode Anova," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 4, no. 2, pp. 83–90, 2021,
- [3] I. W. Widiarta, I. W. P. Nugraha, and K. R. Dantes, "Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru (Hibiscus Tiliaceust) Dengan Matrik Polyester," *J. Jur. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 1–17, 2017.
- [4] V. H. Hermawan, N. R. Ismail, A. Farid, and A. R. Fadhillah, "Pengaruh Penambahan Serbuk Alumina (Al2O3) Pada Resin Polyester Btqn 157 Terhadap Kekuatan Impact Komposit Serat Kulit Pohon Waru (Hibiscus Tiliaceus)," *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 3, no. 02, pp. 25–32, 2020,
- [5] A. N. M. Prihajatno, Y Arafat, "Karakterisasi kekuatan mekanis hybrid komposit," vol. 9, no. 2, 2018.
- [6] M. Irwan and N. R. M. Aras, "Analisis kekuatan impak komposit serat batang pohon waru (Hibiscus tiliaceus)," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 18, no. 2, pp. 27–30, 2023,
- [7] A. Prasetyo, H. Purwanto, and S. M. B. Respati, "Pengaruh Waktu Perendaman Serat Kulit Pohon Waru (Hibiscus Tiliaceus) Pada Air Laut Terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik," *J. Momentum*, vol. 12, no. 2, pp. 42–47, 2016.
- [8] A. Rianto, S. Soeparman, P. F. "Karakterisasi

- Kekuatan Bending dan Hidrofobisitas Komposit Serat Kulit Waru (*Hibiscus tiliaceus*) Kontinyu Bermatrik Pati Ubi Kayu Pasca Sarjana Teknik Mesin Universitas Brawijaya 2),” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 130–136, 2011.
- [9] T. S. Hadi, S. Jokosisworo, and P. Manik, “Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tarik, Bending Dan Impact,” vol. 4, no. 1, pp. 323–331, 2016.
- [10] T. Ojahan, R. Hansen, and A. M.S., “Analisis Fraksi Volume Serat Pelepah Batang Pisang Bermatriks Unsaturated Resin Polyester (UPR) Terhadap Kekuatan Tarik dan SEM,” *Mechanical*, vol. 6, no. 1, pp. 43–48, 2015,
- [11] S. A. Rahmawaty, “Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk pada Komposit Fiberglass-Polyester Berpenguat Serat Gelas dengan Variasi Fraksi Volume Serat,” *JTM-ITI (Jurnal Tek. Mesin ITI)*, vol. 5, no. 3, p. 146, 2021,
- [12] R. Damian, N. Bifel, E. U. K. Maliwemu, D. G. H. Adoe, and J. T. Mesin, “Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Sabut Kelapa terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester,” *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 2, no. 1, pp. 61–68, 2015.
- [13] R. Hifani, I. V. Sembada, R. F. Pambudi, W. R. Dermawan, and Q. S. Musaffa, “Pengaruh Variasi Fraksi Volume Komposit Serat Sabut Kelapa Unsaturated-Polyester Terhadap Pengujian Tarik,” *J. Rotor*, vol. 11, no. 1, pp. 22–24, 2018.
- [14] M. Zaky, I. Muflih, B. Junipitoyo, and D. Hariyanto, “Pengaruh Susunan Serat Bambu Pada Komposit Terhadap Uji Tarik Dan Uji Kekerasan Vicker,” *Pros. Semin. Nas. Inov. Teknol. Penerbangan*, 2021.
- [15] R. D. Salindeho, J. Soukota, and R. Poeng, “Pemodelan pengujian tarik untuk menganalisis sifat mekanik material,” *J. Online Poros Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 88–98, 2018.
- [16] S. Lamami, Nurmala Shanti Dera, Mohamad Rifal, Rahmad Hidayat Boli, and Novrianti Talango, “Uji Fisik Papan Komposit Partikel Eceng Gondok Menggunakan Perekat Plastik HDPE,” *J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra*, vol. 11, no. 1, pp. 44–52, 2025,
- [17] Nurwahida, “Uji Sifat Fisis dan Mekanik Papan Komposit dari Campuran Serat Batang Pisang dan Serat Kulit Durian menggunakan Perekat Polyester,” *Fak. Sains dan Teknol. Univ. Islam Negeri Alaudin Makassar*, 2019.
- [18] I. Mawardi, H. Razak, Z. Akadir, and R. P. Jaya, “The effect of containing Al₂O₃ microparticles in different matrix polymers on properties of pineapple fiber-reinforced composites,” *Frat. ed Integrita Strutt.*, vol. 18, no. 67, pp. 94–107, 2024.