

**PENGARUH PROPORSI CAMPURAN SERAT KENAF DAN SERAT
KACA SEBAGAI PENGUAT KOMPOSIT *HYBRID* BERMATRIKS
EPOXY TERHADAP PERILAKU TARIK DAN LENTUR**

*Effect of Mixed Proportion of Kenaf Fiber and Glass Fiber as
Reinforcement of Epoxy Matrix Hybrid Composites on Tensile and
Bending Behavior*



Oleh:

**HARRY SOPIANDI
F1A 019 060**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

Artikel Ilmiah

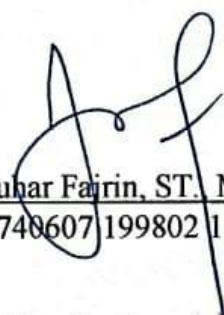
**PENGARUH PROPORSI CAMPURAN SERAT KENAF DAN SERAT
KACA SEBAGAI PENGUAT KOMPOSIT *HYBRID* BERMATRIKS
EPOXY TERHADAP PERILAKU TARIK DAN LENTUR**

Oleh:

Harry Sopiandi
FIA 019 060


Telah diperiksa dan disetujui oleh:

1. Pembimbing Utama


Prof. Jauhar Fajrin, ST., MSc(Eng.), Ph.D
NIP. 197406071998021001

Tanggal : 14 November 2023

2. Pembimbing Pendamping


Shofia Rawiana, ST., MT.
NIP. 196603051994122001

Tanggal : 14 November 2023

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Mataram



Hariyadi, S.T., M.Sc. Eng., Dr. Eng.
NIP. 197310271998021001

PENGARUH PROPORSI CAMPURAN SERAT KENAF DAN SERAT KACA SEBAGAI PENGUAT KOMPOSIT *HYBRID* BERMATRIKS *EPOXY* TERHADAP PERILAKU TARIK DAN LENTUR

Effect of Mixed Proportion of Kenaf and Glass Fibers as Reinforcement Of Epoxy Matrix Hybrid Composites On Tensile and Bending Behavior

¹Harry Sopiandi, ²Jauhar Fajrin, dan ³Shofia Rawiana

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram ^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Abstrak

Pemanfaatan serat alam dalam bidang konstruksi banyak dikembangkan karena semakin meningkatnya kesadaran masyarakat akan bahan bangunan yang ramah lingkungan. Serat alam banyak digunakan dalam teknik sipil untuk berbagai macam kegunaan, seperti kusen, penutup atap, pelat lantai, perkuatan biokomposit, bahan papan komposit serat hingga komponen jembatan ringan pracetak. Sifat mekanik material yang digunakan dalam teknik sipil harus memiliki kualitas yang baik. Penggabungan serat alam dan sintetis dalam perbandingan tertentu, atau sebagai penguat komposit, merupakan salah satu pilihan untuk menghasilkan komposit yang mempunyai sifat mekanik baik dan juga termasuk dalam kategori ramah lingkungan. Oleh karena itu, penggabungan serat alam dengan serat sintetis dapat menjadi solusi dalam memenuhi sifat mekaniknya. Dalam penelitian ini, serat alam jenis kenaf dan serat sintetis jenis kaca digunakan sebagai penguat dan resin epoksi digunakan sebagai matriks dengan perbandingan 30% serat dan 70% resin. Proporsi serat kenaf yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Eksperimen dengan analisis uji faktor tunggal menggunakan Uji-F. Hasilnya menunjukkan terjadi peningkatan kekuatan tarik dan kekuatan lentur yang signifikan pada peningkatan jumlah proporsi serat kaca. Kekuatan tarik dan lentur maksimum terjadi pada spesimen dengan proporsi 0% kenaf dan 30% kaca, sedangkan modulus elastisitas tarik dan lentur maksimum terjadi pada spesimen 5% kenaf dan 25% kaca yang menunjukkan proporsi optimal dalam menahan deformasi. Berdasarkan uji tarik, spesimen KT1 memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 100,11 MPa, sedangkan spesimen KT2 memiliki modulus elastisitas maksimum sebesar 3543,04 MPa. Pada uji lentur, spesimen KL1 memiliki kekuatan lentur maksimum sebesar 147,37 MPa, sedangkan spesimen KL2 memiliki modulus elastisitas maksimum sebesar 10.073,88 MPa. Hasil Uji-F pada kekuatan tarik dan lentur menggunakan software minitab menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan demikian, jumlah proporsi serat kenaf dan serat kaca berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tarik dan lentur.

Kata Kunci: Serat kenaf, Serat Kaca, Komposit Hybrid, Uji tarik, Uji Lentur

Abstract

The use of natural fibers in the construction sector has been widely developed due to increasing public awareness of environmentally friendly building materials. Natural fibers are widely used in civil engineering for various purposes, such as frames, roof coverings, floor plates, biocomposite reinforcement, fiber composite board materials and precast lightweight bridge components. The mechanical properties of materials used in civil engineering must be of good quality. Combining natural and synthetic fibers in certain proportions, or as composite reinforcement, is one option to produce composites that have good mechanical properties and are also included in the environmentally friendly category. Therefore, combining natural fibers with synthetic fibers can be a solution to fulfill their mechanical properties. In this research, kenaf natural fibers and glass synthetic fibers were used as reinforcement and epoxy resin was used as a matrix with a ratio of 30% fiber and 70% resin. The proportions of kenaf fiber used are 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% and 30%. The method used in this research is the experimental method with single factor test analysis using the F-test. The results show that there is a significant increase in tensile strength and flexural strength with an increase in the proportion of glass fiber. The maximum tensile and flexural strength occurs in specimens with a proportion of 0% kenaf and 30% glass, while the maximum tensile and flexural elastic modulus occurs in specimens with 5% kenaf and 25% glass, which shows the optimal proportion in resisting deformation. Based on the tensile test, the KT1 specimen has a maximum tensile strength of 100.11 MPa, while the KT2 specimen has a maximum elastic modulus of 3543.04 MPa. In the flexural test, the KL1 specimen had a maximum flexural strength of 147.37 MPa, while the KL2 specimen had a maximum elastic modulus of 10,073.88 MPa. The results of the F-test on tensile and flexural strength using Minitab software show that $F\text{-count} > F\text{-table}$, then H_0 rejected and H_1 accepted. Thus, the proportion of kenaf fiber and glass fiber has a significant effect on tensile and flexural strength.

Keywords : *Kenaf Fiber, Glass Fiber, Hybrid Composite, Tensile Test, Bending Test*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya kesadaran manusia akan lingkungan yang berkelanjutan, penggunaan produk yang terbuat dari material alami mulai mendapatkan tempat dalam dunia industri konstruksi. Salah satunya adalah produk komponen bangunan dalam bentuk komposit serat alam seperti kusen, penutup atap, pelat lantai bahkan komponen jembatan pra-cetak. Jenis

serat alam yang dapat digunakan adalah serat kenaf. Namun, diperlukan sifat mekanik yang baik jika digunakan sebagai bahan konstruksi. Serat alam sendiri memiliki banyak kelemahan yaitu memiliki kekuatan rendah karena kurang kaku dan biasanya sangat rapuh serta dapat menyerap kelembaban. Selain itu, Sifat mekanik serat alami sangat tergantung pada bentuk, kekuatan

dan ukuran yang dipengaruhi oleh lingkungan budidaya (Mittal & Chaudhary, 2018).

Oleh karena itu, untuk mengatasi sifat mekanik tersebut, serat alam dapat dikombinasikan dengan serat sintetis. Proses kombinasi serat ini dinamakan dengan komposit *hybrid* yang merupakan satu pendekatan untuk memperbaiki sifat mekanis atau fisis dengan berbasis komposit yang mana salah satu kerugian material ditingkatkan dengan keunggulan material lainnya dalam satu ikatan tertentu (Subagia dkk, 2015). Serat sintetis yang dapat digunakan adalah serat kaca. Serat kaca merupakan salah satu serat sintetis yang memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah tahan terhadap korosi dan juga memiliki ketahanan yang tangguh terhadap benturan, sehingga serat kaca ini bisa dipadukan dengan serat alam jenis kenaf sebagai komposit *hybrid* yang diperkuat dengan resin *epoxy*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penelitian yang akan dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yang mendasari penelitian ini diantaranya :

1. Bagaimana pengaruh proporsi campuran serat kenaf dan serat kaca terhadap perilaku tarik dan lentur pada komposit hybrid ?
2. Berapakah proporsi serat kenaf dan serat kaca yang optimal dalam menahan deformasi pada pengujian tarik dan lentur ?
3. Bagaimana analisis Uji-F pada jumlah proporsi serat kenaf dan serat kaca terhadap kekuatan tarik dan lentur ?

1.3 Batasan Masalah

1. Serat yang digunakan dalam proses hibridisasi adalah serat kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) dan serat kaca.
2. Polimer yang digunakan sebagai matriks adalah resin *epoxy* dan *hardener*.
3. Orientasi susunan serat pada komposit serat kenaf yaitu secara acak dengan panjang serat 2 cm yang mengacu pada penelitian Sari dkk, (2011).
4. Standar yang digunakan dalam pengujian adalah ASTM D3039 untuk uji tarik dan ASTM D790 untuk uji lentur.
5. Proporsi campuran pengikat/matriks *epoxy* yang digunakan adalah 70 %, proporsi campuran penguat/*reinforcement* serat alam dan sintetis sebesar 30% mengacu pada penelitian Sari dkk, (2011).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh proporsi campuran serat kenaf dan serat kaca terhadap perilaku tarik dan lentur pada komposit hybrid.
2. Untuk mengetahui proporsi serat kenaf dan serat kaca yang paling optimal dalam menahan deformasi pada uji tarik dan lentur.
3. Untuk Menganalisis Uji-F pada jumlah proporsi serat kenaf dan serat kaca terhadap kekuatan tarik dan lentur.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengenalkan potensi serat yang alam dan sintetis untuk digunakan sebagai bahan rekayasa konstruksi.
2. Secara keilmuan, penelitian ini bermanfaat sebagai bahan kajian teknis analisis pada perilaku tarik dan lentur komposit hybrid.

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Fajrin dkk (2020), melakukan penelitian terhadap kuat tarik dan lentur komposit dengan variasi serat(VF) 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan variasi orientasi arah serat (OS) 0° (sejajar serat), *chopped* (serat pendek acak), 45°, 0°-90° (tegak-lurus), dan 45°-135° (diagonal). Hasil eksperimen menunjukkan variasi fraksi volume dan orientasi arah serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekanis komposit polyester. Kekuatan mekanis komposit meningkat secara signifikan seiring penambahan fraksi volume dari 0% hingga 40% serat. Komposit berfraksi volume 40% dengan arah serat sejajar menghasilkan kuat tarik dan lentur tertinggi, yaitu masing-masing sebesar 41,110 MPa dan 176,590 MPa.

Ghozali dkk (2017), melakukan penelitian tentang karakteristik sifat tarik komposit laminat hybrid kenaf/ E-glass/*polyethylene* dengan perbandingan serat dengan matriks adalah 20/80. Untuk fraksi volume serat kenaf/E-glass adalah 50/50, 40/60 dan 30/70 dengan masing masing panjang serat 10 mm. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pada fraksi serat 50/50 memiliki

kekuatan tarik paling tinggi yaitu 11,72 Mpa.

Paundra dkk (2022), Melakukan penelitian tentang komposit *hybrid* berpenguat serat batang pisang kepok dan serat pinang dengan matriks poliester. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat batang pisang kepok (*Musa Paradisiaca*) dan serat pinang (*Areca catechu L*) terhadap kekuatan tarik komposit hybrid. Hasil pengujian densitas tertinggi terdapat pada fraksi volume 15% serat pisang kepok : 15% serat pinang yaitu sebesar 1,17 g/cm³, dan terendah pada fraksi volume 20% serat pisang kepok : 10% serat pinang sebesar 1,10 g/cm³. Hasil pengujian tarik komposit mendapatkan kekuatan tarik tertinggi pada fraksi volume 15% serat pisang kepok : 15% serat pinang sebesar 16,33 MPa, dan terendah pada fraksi volume 0% serat pisang kepok : 30% serat pinang sebesar 5,81 MPa.

Sari dkk (2011), melakukan pengujian ketahanan bending komposit *hybrid* serat batang kelapa/serat glass dengan matrik *urea Formaldehyde*. panjang serat batang kelapa/serat gelas 2 cm, dengan arah serat random. Variasi fraksi volume serat batang kelapa/fiber glass yang digunakan 10:20, 15:15 dan 20:10 (%). Spesimen pengujian bending sesuai dengan standar ASTM D 790. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan bending tertinggi komposit hybrid serat batang kelapa/serat gelas pada fraksi volume serat batang kelapa/fiber glass 10:20 % yaitu 22,7 N/mm², kemudian berturut-turut 15:15 dan 20:10 yaitu 19,6 N/mm² dan 17,37 N/mm².

Putra dkk (2017), melakukan pengujian sifat mekanis komposit *hybrid* diperkuat serat kenaf dan *e-glass* dengan matriks *polypropylene*. Komposisi serat kenaf dan *e-glass* dengan perbandingan persen volume yaitu 10:20, 15:15, 20:10, sedangkan perbandingan serat terhadap matriks adalah 30:70. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit hibrida cenderung meningkat dengan bertambahnya volume serat kenaf pada perbandingan serat kenaf dan *e-glass* (20:10) dengan kekuatan tarik maksimum sebesar 48.36 Mpa.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Serat Kenaf

Serat kenaf merupakan salah satu jenis serat alam. Serat kenaf banyak dikembangkan untuk bahan baku serat karung goni. memiliki massa jenis 1.5 g/cm³, kekuatan tarik sebesar 390 MPa, dan modulus elastisitas 53000 MPa (Hamidon, 2019)



Gambar 2. 1 Serat kenaf
(Sumber: Laksana dkk, 2021)

2.2.2 Serat Kaca

Serat kaca merupakan salah satu jenis serat sintetis. Serat Glass digunakan sebagai bahan penguat untuk material komposit yang dikenal sebagai *Glass-reinforced plastic*. Serat kaca memiliki massa jenis 2,54 g/cm³, kekuatan tarik sebesar 3400 MPa, dan modulus elastisitas 72000 MPa (Wellenberger dkk, 2001)



Gambar 2. 2 Serat kaca
(Sumber: Laksana dkk, 2001)

2.2.3 Matriks

Matriks dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer logam maupun keramik (Gibson, 1994). Matriks adalah fase dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matrik mempunyai fungsi untuk mentransfer tegangan ke serat secara merata, melindungi serat dari gesekan mekanik, memegang dan mempertahankan serat pada posisinya, melindungi dari lingkungan yang merugikan, dan tetap stabil setelah proses manufaktur.

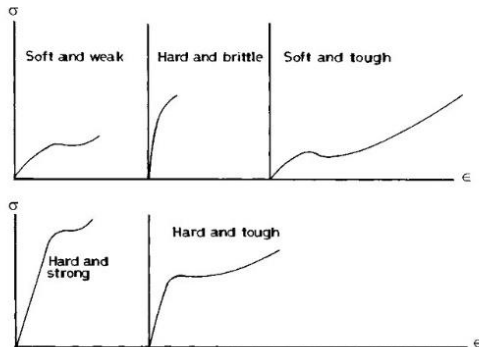
2.2.4 Resin Epoxy

Resin *epoxy* merupakan gugus polimer bergolongan termoset yang biasa digunakan sebagai bahan adhesif dan lapisan pelindung yang sangat baik karena memiliki kekuatan yang tinggi, dan daya rekat yang kuat. Resin epoxy memiliki massa jenis berkisar 1.1-1.4 g/cm³, kekuatan tarik sebesar 35-100 MPa, dan modulus elastisitas berkisar 3000-6000 MPa (Engineering, 2019)

2.2.5 Komposit Hybrid

Komposit *hybrid* adalah material yang tersusun atas campuran dari beberapa lapisan penguat (*reinforcement*) serat berbeda yang disusun dengan jumlah tertentu dan diikat dengan matrik polimer. Materialnya tersusun atas matriks dan serat. Keduanya memiliki

fungsi yang berbeda, serat berfungsi sebagai penguat atau material rangka yang menyusun, sedangkan matriks berfungsi untuk merekatkan serat dan meneruskan beban ketika material memperoleh beban. Adapaun sifat dari material komposit dapat dilihat pada gambar 2.3



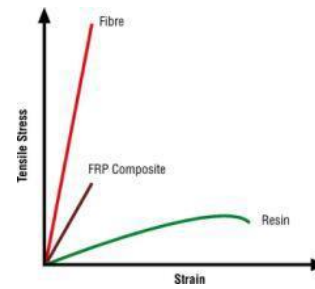
Gambar 2. 3. Karakteristik Komposit (Sumber:Winding dkk, 1961)

Kedua bahan yang mempunyai sifat berbeda (Penguat dan resin) ini digabungkan untuk mendapatkan satu bahan baru (komposit) yang mempunyai sifat yang berbeda dari sifat partikel penyusunnya.

Tabel 2.1 Karakteristik komposit

Karakteristik Bahan Polimer	Elastic Modulus	Yield Point	Tensile Strength	Elongation at break
Soft & Weak	rendah	rendah	rendah	sedang
Hard & Brittle	tinggi	tidak ada	tinggi	rendah
Hard & Strong	tinggi	tinggi	tinggi	sedang
Soft & Tough	rendah	rendah	sedang	tinggi
Hard & Tough	tinggi	tinggi	tinggi	tinggi

Karena komposit adalah kombinasi sistem resin dan serat penguat, maka sifat-sifat yang dimiliki komposit adalah kombinasi dari sifat sistem resin dan serat penguatnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2. 4 Grafik hubungan strain-tensile stress dari beberapa komposit (Sumber : Astika dkk, 2013)

2.2.6 Klasifikasi Bahan Komposit

a) Komposit Serpilh (*Flake Composite*)

Komposit serpilh adalah komposit dengan penambahan material berupa serpilh kedalam matriksnya. Serpilh dapat berupa serpilh mika, glass dan metal.

b) Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Komposit partikel adalah salah satu jenis komposit dimana dalam matriksnya ditambahkan material lain berupa serbuk/butir.

c) Komposit laminat

Komposit laminat adalah komposit dengan susunan dua atau lebih layer, dimana masing-masing layer dapat berbeda-beda dalam hal material.

d) Komposit Serat (*Fiber Composite*)

Merupakan komposit yang hanya terdiri dari satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat.

2.2.7 Metode Pembuatan Komposit Hybrid

Metode yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah metode *Hand Lap-up*. Pada intinya metode *hand lay-up* ini adalah metode pembuatan komposit dengan cara memberi pelapisan matriks terhadap serat yang sebelumnya telah di tata pada cetakan menggunakan cetakan tangan. Pelapisan

matriks dilakukan dengan cara penuangan matriks ke dalam cetakan lalu meratakannya dengan rol atau kuas terus menerus hingga matriks tersebar secara merata melapisi serat yang membentuk sesuai cetakan sehingga ketika mengeras serat tidak mengalami deformasi lagi dan akan membentuk sesuai cetakan.

2.2.8 Sifat Mekanik

1) Kekuatan tarik

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

Dimana;

F = Beban yang diberikan (N)

A₀ = Luas penampang pesimen (mm²)

σ = Tegangan tarik (MPa)

$$\text{Regangan Tarik } (\varepsilon) = \frac{l-l_0}{l_0} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

ε = Regangan tarik

L₀ = Panjang awal (mm)

L = panjang akhir (mm)

$$\text{Modulus Elastisitas (E)} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

E = Modulus Elastisitas Tarik, (Mpa)

Δσ = Selisih tegangan (σ₂- σ₁) pada daerah elastis linier, (Mpa)

Δε = Selisih regangan (ε₂-ε₁) pada daerah elastis linier.

2) Kekuatan Lentur

$$\text{Tegangan Lentur } \sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana;

σ_b = Tegangan Lentur (MPa),

P = Pembebanan Lentur maksimum (N),

L = jarak antar tumpuan (mm),

b = lebar specimen benda uji (mm)

d = tebal specimen benda uji (mm).

$$\text{Regangan Lentur } \varepsilon_b = \frac{6Dd}{L^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana;

ε_b = Regangan Lentur,

D =Defleksi maksimum di tengah tengah bentang spesimen (mm),

L = jarak antar tumpuan (mm),

d = tebal benda uji(mm).

$$\text{Modulus Elastisitas (E)} = \frac{L^3 m}{4 b d^3} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

E = Modulus Elastisitas Lentur, (MPa)

L = Jarak antar tunpuan, (mm)

m = Kemiringan garis singgung pada kurva load-deflection , (N/mm)

b = Lebar spesimen, (mm)

d = Tebal spesimen, (mm).

2.2.9 Uji-F Statistik

Uji simultan (Uji-F) bertujuan untuk mencari apakah variabel bebas secara bersama-sama mempengaruhi variabel terikat. Uji-F dilakukan untuk melihat pengaruh dari seluruh variabel bebas secara bersama-sama terhadap variabel terikat.

Untuk menentukan apakah H₀ diterima atau ditolak adalah dengan membandingkan antara nilai F-hitung dengan nilai F yang diperoleh dari tabel (F-tabel). Ada 2 kemungkinan yang terjadi berdasarkan hasil perbandingan F-hitung dengan F-tabel:

1. F-hitung > F-tabel, maka H₀ ditolak dan H₁ diterima, sehingga semua variabel bebas memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat. Dalam penelitian ini, jumlah proporsi serat kenaf dan serat kaca menjadi variabel bebas sedangkan hasil kekuatan tarik dan lentur adalah variabel terikat.

2. $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak, sehingga semua variabel bebas tidak memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat. Dalam penelitian ini, jumlah proporsi serat kenaf dan serat kaca menjadi variabel bebas sedangkan hasil kekuatan tarik dan lentur adalah variabel terikat

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan metode Eksperimen dengan teknik analisis data menggunakan analisis deskriptif dan analisis inferensial berupa uji faktor tunggal menggunakan Uji-F. Pembuatan sampel dilakukan di Lab. Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Mataram dengan metode *hand lay-up* dan pengujian dilakukan di Lab. Fisika Fakultas MIPA Universitas Mataram.

3.2 Benda Uji Penelitian

Pada penelitian ini, dimensi benda uji tarik berdasarkan ASTM D3039 adalah 25mm x 250 mm x 2,5 mm, sedangkan Uji lentur sesuai ASTM D790 adalah 125 mm x 12,7 mm x 3,2 mm. Proporsi benda uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Benda Uji Pengujian Tarik

No	Nama Spesimen	Proporsi Campuran Komposit Hybrid			Detail sampel		
		matriks(%)	kenaf(%)	Kaca (%)			
1	KT1	70	0	30	KT1A	KT1B	KT1C
2	KT2	70	5	25	KT2A	KT2B	KT2C
3	KT3	70	10	20	KT3A	KT3B	KT3C
4	KT4	70	15	15	KT4A	KT4B	KT4C
5	KT5	70	20	10	KT5A	KT5B	KT5C
6	KT6	70	25	5	KT6A	KT6B	KT6C
7	KT7	70	30	0	KT7A	KT7B	KT7C
Total sampel					21		

Tabel 3.2 Benda Uji Pengujian Lentur

No	Nama Spesimen	Proporsi Campuran Komposit Hybrid			Detail sampel		
		matriks(%)	kenaf(%)	Kaca (%)			
1	KL1	70	0	30	KL1A	KL1B	KL1C
2	KL2	70	5	25	KL2A	KL2B	KL2C
3	KL3	70	10	20	KL3A	KL3B	KL3C
4	KL4	70	15	15	KL4A	KL4B	KL4C
5	KL5	70	20	10	KL5A	KL5B	KL5C
6	KL6	70	25	5	KL6A	KL6B	KL6C
7	KL7	70	30	0	KL7A	KL7B	KL7C
Total sampel					21		

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Bahan Penelitian

Bahan Penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Serat Kenaf
2. Serat Kaca
3. Resin *Epoxy*
4. *Mirror Gloss*

3.3.2 Alat Penelitian

1. Cetakan kaca ukuran 280 mm x 100 mm x 3 mm untuk uji tarik dan 150 mm x 60 mm x 3 mm untuk uji lentur
2. Jangka sorong
3. Sutil
4. Kuas
5. Gunting
6. Penggaris
7. Gelas ukur untuk
8. Sarung tangan latex
9. Timbangan digital untuk menimbang bahan
10. Rol untuk meratakan

3.5 Pengujian Sifat Mekanik

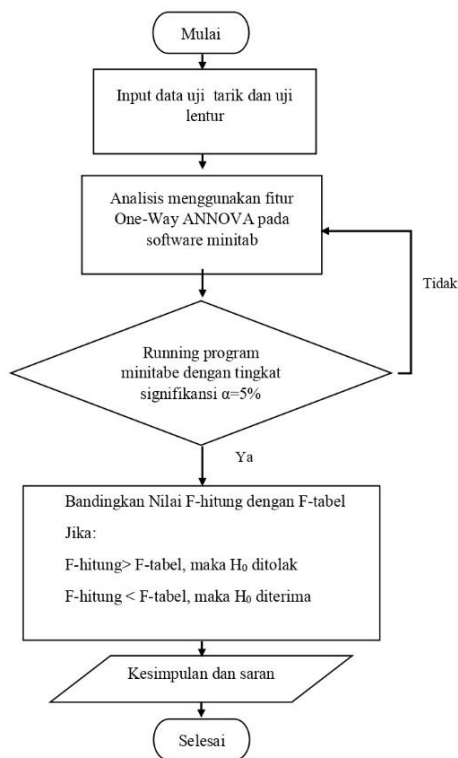
Pengujian sifat tarik komposit hybrid menggunakan standar ASTM D3039, sedangkan pengujian sifat lentur menggunakan standar ASTM D790. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine*.



Gambar 3.1 Pengujian kuat tarik baut dengan alat *Universal Testing Machine*

3.6 Metode Uji-F Statistik

Uji statistik pada penelitian ini menggunakan software minitab. Adapun alur dalam menganalisis Uji-F pada pengujian tarik dan lentur disajikan pada gambar 3.2

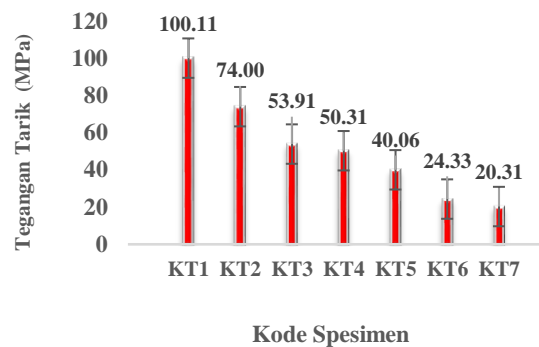


Gambar 3.2 Alur Analisis Uji-F

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Serat Kenaf dan Serat Kaca terhadap Perilaku Tarik dan Lentur.

4.1.1 Perilaku Tarik



Gambar 4.1 Diagram Tegangan Tarik

Dari diagram pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan tegangan tarik secara signifikan seiring meningkatnya jumlah proporsi serat kaca. Spesimen KT1 dengan 0% kenaf memiliki tegangan tarik paling tinggi sebesar 100,11 Mpa, sedangkan KT7 dengan 30% kenaf memiliki tegangan tarik 20,31 MPa. Hal tersebut menunjukkan bahwa penguat serat kaca memiliki tegangan tarik lebih baik dari penguat serat kenaf. Seiring dengan meningkatnya proporsi serat kenaf terjadi penurunan tegangan tarik pada setiap spesimen. KT2 dengan 5% kenaf memiliki tegangan tarik sebesar 74,00 MPa dengan selisih lebih tinggi 113,88% dari KT7. KT3 dengan 10% kenaf memiliki tegangan tarik 90,55% lebih tinggi dari KT7 yaitu 53,91 MPa. Pada spesimen dengan jumlah proporsi serat kenaf 15% yaitu KT4, terjadi peningkatan nilai tegangan dengan selisih 84,98% dari KT7. KT5 dengan 20% serat kenaf memiliki tegangan tarik cukup besar dari KT7 yaitu 40,06 MPa

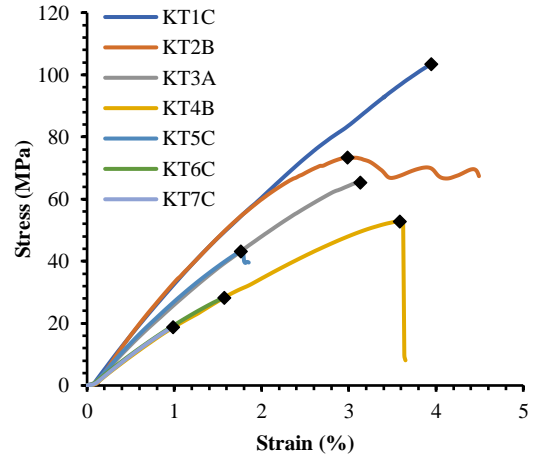
dan hanya terpaut selisih 19,75 MPa. Spesimen dengan 25% serat kenaf yaitu KT6 memiliki selisih 18,01% lebih tinggi dari KT7 karena memiliki tegangan tarik 24,33 MPa.

Untuk melihat perbedaan nilai tegangan dari peningkatan jumlah proporsi serat kenaf, maka dapat dilihat perbandingan nilai tegangan tarik pada tabel 4.1. Perbedaan tersebut, menunjukkan kekuatan yang dihasilkan dari proporsi penguat serat kenaf dan serat kaca.

Tabel 4.1 Selisih nilai tegangan tarik

No	Spesimen	Tegangan Tarik (MPa)	Selisih Tegangan (MPa)	Selisih Persentase (%)
1.00	KT1	100.11	79.81	132.55
2.00	KT2	74.00	53.70	113.88
3.00	KT3	53.91	33.60	90.55
4.00	KT4	50.31	30.01	84.98
5.00	KT5	40.06	19.75	65.44
6.00	KT6	24.33	4.02	18.01
7.00	KT7	20.31	0.00	0.00

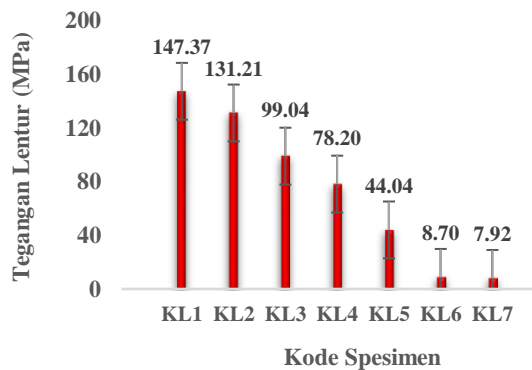
Berdasarkan gambar 4.2 menunjukkan regangan yang terjadi. Pada kondisi tegangan maksimal, regangan yang dihasilkan menunjukkan bahwa sampel KT1C dengan kandungan 0% kenaf memiliki regangan tarik paling besar yaitu 3,96 %. Sedangkan, regangan tarik paling rendah terdapat pada sampel KT7C dengan kandungan 30% kenaf yang hanya memiliki nilai sebesar 1,01%. Sementara sampel yang lain seperti KT2B, KT3A, KT4B, KT5C dan KT6C pada kondisi tegangan tarik maksimal hanya mampu meregang berturut-turut sebesar 3,00 %, 3,10%, 3,58 %, 1,79 % dan 1,57 %.



Gambar 4.2 Grafik Tegangan-Regangan Pengujian Tarik

Karakteristik komposit *hybrid* dapat dilihat dari grafik 4.2 yang disajikan. Regangan tarik yang dihasilkan masing-masing sampel menunjukkan tingkat daktilitasnya. Material yang paling daktil adalah sampel KT1C karena pada kondisi tegangan tarik maksimal dari sampel lain mampu menghasilkan regangan yang paling besar. Sementara itu, sampel KT7C merupakan sampel dengan material paling getas karena regangan tarik yang dihasilkan paling kecil. Dari ketujuh jenis sampel, nilai rata-rata regangan yang dihasilkan masih kurang dari 5%. Hal tersebut menunjukkan bahwa komposit hybrid ini merupakan material yang rapuh / *brittle*. Secara visual juga terlihat bahwa tren grafik cenderung menunjukkan bahwa terjadi patahan tanpa melalui proses mulur sehingga termasuk ke dalam jenis grafik *hard and brittle*.

4.1.2 Pengaruh Pada Sifat Lentur



Gambar 4.3 Diagram tegangan Lentur

Dari diagram pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan tegangan lentur secara signifikan seiring meningkatnya jumlah proporsi serat kaca. Spesimen KL1 dengan 0% kenaf memiliki tegangan lentur paling tinggi sebesar 147,37 Mpa, sedangkan KL7 dengan 30% kenaf memiliki tegangan tarik 7,92 MPa. Hal tersebut menunjukkan bahwa penguat serat kaca memiliki tegangan lentur lebih baik dari penguat serat kenaf. Seiring dengan meningkatnya proporsi serat kenaf terjadi penurunan tegangan tarik pada setiap spesimen. KL2 dengan 5% kenaf memiliki tegangan lentur sebesar 131,21 MPa dengan selisih lebih tinggi 177,23% dari KL7. KL3 dengan 10% kenaf memiliki tegangan lentur 90,55% lebih tinggi dari KL7 yaitu 99,04 MPa. Pada spesimen dengan jumlah proporsi serat kenaf 15% yaitu KL4, terjadi peningkatan nilai tegangan dengan selisih 70,28% dari KL7. KL5 dengan 20% serat kenaf memiliki tegangan lentur cukup besar dari KL7 yaitu 44,04 MPa dan hanya terpaut selisih 36,12 MPa. Spesimen dengan 25% serat kenaf memiliki selisih 9,41% lebih tinggi dari

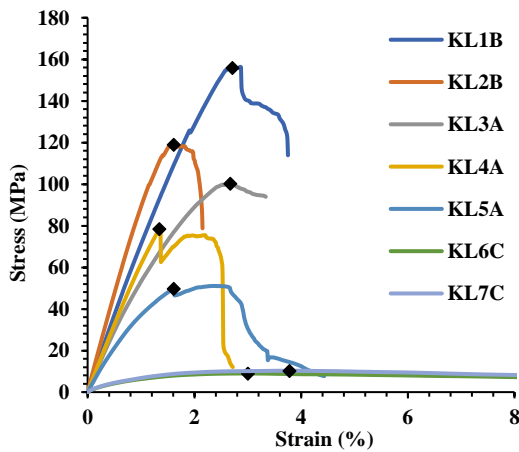
KL7 karena memiliki tegangan lentur 8,70 MPa.

Untuk melihat perbedaan nilai tegangan dari peningkatan jumlah proporsi serat kenaf, maka dapat dilihat perbandingan nilai tegangan lentur pada tabel 4.2. Perbedaan tersebut, menunjukkan kekuatan yang dihasilkan dari proporsi penguat serat kenaf dan serat kaca.

Tabel 4.2 Selisih Nilai Tegangan lentur

No	Spesimen	Tegangan Lentur (MPa)	Selisih Tegangan (MPa)	Selisih Persentase (%)
1	KL1	147.37	139.46	179.60
2	KL2	131.21	123.29	177.23
3	KL3	99.04	91.12	170.39
4	KL4	78.20	70.28	163.22
5	KL5	44.04	36.12	139.04
6	KL6	8.70	0.78	9.41
7	KL7	7.92	0.00	0.00

Selain terdapat nilai tegangan, pada pengujian lentur juga terdapat nilai regangan yang terjadi akibat dari gaya yang diberikan. Gambar 4.4 menunjukkan spesimen KL7C dengan 30% kenaf merupakan spesimen yang memiliki nilai regangan yang paling tinggi sebesar 3,84 %. Sedangkan, spesimen dengan nilai regangan terendah adalah spesimen KL4A dengan kandungan 15% kenaf yaitu sebesar 1,36 %. Sementara itu, sampel lain seperti KL1B, KL2B, KL3A, KL5A dan KL6C pada kondisi tegangan maksimal hanya mampu meregang sebesar 2,68%, 1,60%, 2,64%, 2,38% dan 2,99 %.



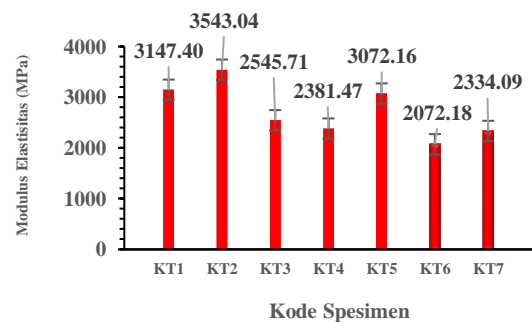
Gambar 4.4 Tegangan-Regangan Lentur

Berdasarkan nilai regangan lentur yang dihasilkan, terlihat bahwa karakteristik material paling ulet adalah sampel KL7C karena memiliki regangan paling besar dari semua sampel. Rata-rata regangan dari semua sampel masih kurang dari 5%. Hal tersebut, menunjukkan bahwa komposit *hybrid* yang diperkuat dengan serat kaca dan serat kenaf merupakan bahan yang getas/*brittle*. Karakteristik komposit hybrid ini juga dapat dilihat secara visual berdasarkan trend grafik yang dihasilkan dapat dikatakan bersifat *hard and brittle*. *Hard and brittle* artinya sifat dari material ini keras dan getas. Akan tetapi, trend grafik yang ditunjukkan sampel KL6C dan KL7C cenderung menunjukkan sifat material yang daktil. Hal itu terjadi karena serat yang berposisi sebagai penguat lebih banyak berposisi sebagai filler atau pengisi sehingga matriks lebih banyak menerima beban.

Peningkatan jumlah proporsi serat kenaf memberikan efek pada sifat lentur dengan meningkatnya kemampuan regangan pada spesimen KL6C dan KL7C. Akan tetapi, tegangan maksimal

yang mampu dihasilkan relatif kecil dibandingkan dengan tegangan maksimal yang dihasilkan KL1B dengan proporsi 0% kenaf, sehingga serat kenaf yang memberikan sifat lentur pada spesimen KL6C dan KL7C selain sebagai penguat juga sebagai filler/pengisi pada matriks.

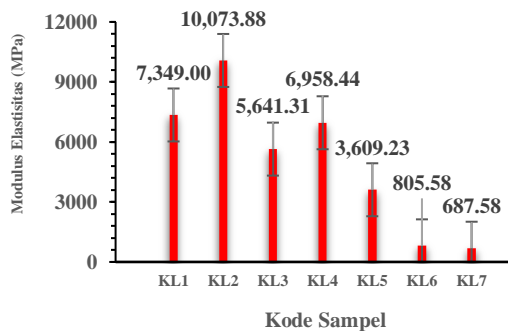
4.2 Kemampuan Menahan Deformasi pada Uji tarik dan Uji Lentur



Gambar 4.5 Modulus Elastisitas Tarik

Gambar 4.5 menampilkan hasil dari nilai modulus elastisitas pada masing-masing spesimen cenderung fluktuatif seiring bertambahnya proporsi serat kenaf. Nilai yang didapatkan merupakan hasil dari rasio tegangan dengan regangan pada daerah linier. Spesimen KT2 dengan proporsi 5% serat kenaf dan 25% serat kaca merupakan spesimen dengan nilai modulus elastisitas paling tinggi yaitu sebesar 3543,04 MPa. Sedangkan, spesimen KT6 dengan proporsi 25% serat kenaf dan 5% serat kaca yang memiliki modulus elastisitas terendah yaitu sebesar 2072,18 MPa. Sementara, nilai modulus elastisitas dari spesimen KT1, KT3, KT4, KT5 dan KT7 masing-masing adalah 3147,40 MPa, 2545,71 Mpa, 2381,47 MPa, 3072,16 Mpa dan 2334,09 Mpa.

Dengan demikian, dapat ditentukan proporsi yang paling optimal berdasarkan nilai modulus elastisitas. Modulus elastisitas menunjukkan tingkat kekakuan semua spesimen. Proporsi penguat yang paling optimal dalam menahan deformasi pada uji tarik ini adalah spesimen KT2 dengan 5% serat kenaf dan 25 % serat kaca.



Gambar 4.6 Modulus Elastisitas Lentur

Berdasarkan gambar 4.6 menunjukkan nilai modulus elastisitas lentur setiap spesimen. Terlihat bahwa, spesimen KL2 dengan 5% serat kenaf dan 25% serat kaca memuncaki perolehan modulus elastisitas lentur sebanyak 10.073,88 MPa. Hasil tersebut, menjadikan spesimen KL2 spesimen paling kaku dan paling optimal dalam menahan deformasi. Sedangkan, spesimen yang memiliki modulus elastisitas terendah adalah spesimen KL7 dengan 30% kenaf dan 0% kaca sebesar 687,58 MPa. Sementara itu, sampel KL1, KL3, KL4, KL5 dan KL6 hanya memiliki modulus elastisitas masing-masing sebesar 7.349,00 MPa, 5.641,31 MPa, 6.958,44 MPa, 3.609,23 MPa dan 805,58 MPa.

4.3 Analisis Uji-F Statistik

Uji F dilakukan untuk melihat pengaruh dari seluruh variabel bebas secara bersama-sama terhadap variabel terikat. Variabel bebasnya adalah proporsi campuran serat dan variabel terikat adalah sifat mekaniknya berupa kuat tarik dan kuat lentur. %. Jika nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan semua variabel bebas memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat. Tetapi, jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 diterima dan semua variabel bebas tidak memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel terikat.

Tingkat signifikansi (α) yang digunakan pada penelitian ini sebesar 5%. Uji tarik dan uji lentur memiliki jumlah sampel yang sama yaitu 21 buah sampel dengan terbagi kedalam masing-masing 7 kelompok sampel (spesimen). Dari data tersebut, dihasilkan nilai F_{tabel} untuk uji tarik dan uji lentur sebesar 2,85.

Hasil analisis statistik yang dilakukan terhadap data uji tarik menggunakan software minitab ditampilkan pada gambar 4.7. Terlihat bahwa nilai F_{hitung} yang diperoleh Minitab untuk tegangan tarik adalah 36,82. Jika dibandingkan dengan nilai F_{tabel} maka F_{hitung} (36,82) $>$ F_{tabel} (2,85), maka H_0 akan di tolak yang berarti jumlah proporsi serat kenaf dan serat kaca berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik komposit *hybrid*.

Tegangan Tarik:**Method**

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis Not all means are equal
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information**Factor Levels Values**

Factor	7	KT1, KT2, KT3, KT4, KT5, KT6, KT7
--------	---	-----------------------------------

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	6	14154.7	2359.12	36.82	0.000
Error	14	897.0	64.07		
Total	20	15051.8			

Gambar 4.7 Uji-F Kekuatan tarik

Hasil analisis Uji-F menggunakan software Minitab untuk kuat lentur disajikan pada Gambar 4.8. Hasil dari perangkat lunak Minitab memberikan beberapa output penting, diantaranya adalah nilai F-hitung. Nilai F-hitung tegangan lentur adalah 229,86. Nilai F-tabel adalah 2,85, sehingga jika dibandingkan dengan F-hitung (229,86) nilainya lebih besar dari F-tabel (2,85). Dengan demikian, H_0 akan ditolak yang berarti jumlah proporsi serat kenaf dan serat kaca berpengaruh signifikan terhadap kekuatan lentur komposit *hybrid*.

Tegangan Lentur:**Method**

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis Not all means are equal
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information**Factor Levels Values**

Factor	7	KL1, KL2, KL3, KL4, KL5, KL6, KL7
--------	---	-----------------------------------

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	6	56488.1	9414.68	229.86	0.000
Error	14	573.4	40.96		
Total	20	57061.5			

Gambar 4.8 Uji-F Kekuatan Lentur

5. KESIMPULAN DAN SARAN**5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian maka dapat dilakukan analisis data serta pembahasan yang berdasarkan pada hasil dari pengujian tersebut. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Seiring peningkatan proporsi serat kaca pada campuran komposit *hybrid* akan meningkatkan kekuatan tarik dan kekuatan lentur material, meskipun masih tergolong dalam sifat keras dan rapuh/ *brittle*..
- 2) Spesimen KT2 pada pengujian tarik dan spesimen KL2 pada pengujian lentur dengan masing-masing proporsi 5% kenaf dan 25% kaca

merupakan spesimen yang optimal dalam menahan deformasi.

- 3) Hasil uji-F kekuatan tarik dan lentur menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$, sehingga jumlah proporsi serat kenaf dan serat kaca berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tarik dan lentur.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian serta analisis yang sudah dilakukan maka diusulkan saran untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya adalah :

- 1) Melakukan pengujian mekanik terhadap serat dan matriks terlebih dahulu untuk mengetahui perbandingan kekuatan mekanik masing-masing antara komposit, serat dan matriks.
- 2) Menganalisis sifat mekanik yang berbeda dari komposit hibrid misalnya daya tahan komposit.
- 3) Mengubah proporsi serat dan resin untuk mencari sifat mekanik terbaik
- 4) Lakukan analisis mikroskopis untuk melihat ikatan permukaan, pola putus dll

DAFTAR PUSTAKA

- Archives, E. (2008). Brittle and Ductile. Diambil kembali dari http://www.engineeringarchives.com/les_mom_brittleductile.htm l#:~:text=Typically
- Astika, I. M., Lokantara, I. P., & Karohika, I. M. (2013). Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 95-22.
- ASTM.D3039. (2002). *Standart Test Method For Tensile Properties of polymer Matrix Composites Materials*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM.D790-02. (2002). *Standard Test Methods For Flexural Properties Of Unreinforced And Reinforced Plastics And Electrical InsulatingMaterial*. Philadelphia: American Society For Testing And Materials.
- Engineering, A. (2019). Experimental Analysis of Coir Fiber Sheet Reinforced Epoxy Resin Composite. *Material Science and Engineering*. Ho Chi Minh City: IOP Conference.
- Fajrin, J., Fitrayudha, A., & Anshari, B. (2020). Analisis Sifat Mekanis Komposit Polyester Sisal Menggunakan Metode Anova. *Bina Ilmiah*, Vol.14: 2817-2824.
- Ghozali, M. Y., Sosiati, H., & Budiyanoro, C. (2017). Karakterisasi Sifat Tarik Komposit Laminat Hybrid Kenaf-E-Glass/Polyethylene. *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, 31-34.
- Hamidon, M. H., Sultan, M. T., & Ariffin, A. H. (2019). Effects Of Fibre Treatment On Mechanical Properties Of Kenaf Fibre Reinforced Composites: a Review. *Journal Of Materials*

- Research And Technology, 3327–3337.
- Laksana, A. H., & Waluyo, M. B. (2021). Pengaruh Komposisi Serat Kenaf dan Serbuk CaCO₃ Terhadap Kekuatan Tekuk dan Water Absorption Komposit Hybrid-Poliester. *Indonesian Journal Of Mechanical Engineering Vocational*, 58-64.
- Mittal, M., & Chaudhary, R. (2018). Experimental Study on the Water Absorption and Surface Characteristics of Alkali Treated Pineapple Leaf Fibre and Coconut Husk Fibre. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12237-12243.
- Paundra, F., Setiawan, A. D., Muhyi, A., & Qalbina, F. (2022). Analisis Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Serat Batang Pisang Kepok Dan Serat Pinang. *Journal Mechanical Engineering*, Vol 11:1.
- Putra, D. R., Sosiati, H., & Budiyanoro, C. (2017). Karakteristik Sifat-Sifat Tarik Komposit Laminat Hibrida Kenaf/E-Glass Yang Difabrikasi Dengan Matriks Polypropylene . *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, Vol.1:41-45.
- Sari, N. H., Sinarep, Taufan, A., & Yudhyadi. (2011). Ketahanan Bending Komposit Hybrid Serat Batang Kelapa/Serat gelas Dengan Matrik Urea Formaldehyde. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 5 :1.
- Subagia, I. A., Atmika, K. A., Septiadi, W. N., parawata, I., & Budiana, M. (2015). Pengaruh Hibridisasi Serat Basalt-Serat Karbon Komposit Epoksi dengan Variasi Jumlah Serat dan Posisi Laminasi pada pembebanan Bending. *Fakultas Teknik Universitas Udayana*.
- Wallenberger. (2001). Glass Fibers. ASM Internasional
- Winding, C. C., & Hiatt, G. D. (1961). *Polymeric Materials*. New York: McGraw-Hill.