

Karakteristik Mekanik Komposit Poliester Berpenguat Serat Sisal Yang Diekstrak Dengan Metode Dekortikasi Dicitak Teknik *Vacuum*

Komang Ghosagotama Aryayustama, Tjokorda Gde Tirta Nindhia,
I Wayan Surata

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

Abstrak

Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih material yang dapat menggantikan logam, dikarenakan komposit memiliki sifat yang ringan, tidak korosi, hemat biaya, dan proses yang mudah. Pada penelitian ini proses pencetakan menggunakan teknik *vacuum*, karena teknik *vacuum* dapat menghilangkan void yang terperangkap pada resin. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan komposit berpenguat serat alam yang diharapkan memiliki sifat-sifat yang mampu bersaing dengan logam. Penelitian ini menggunakan serat daun sisal yang diekstraksi dengan metode dekortikasi dan menggunakan matriks poliester jenis Yukalac C-108B dengan penambahan katalis MEKPO 1%. Selanjutnya diberikan perlakuan NaOH 5% selama 2 jam. Kemudian dilakukan pencetakan komposit menggunakan teknik *Vacuum* dengan variasi fraksi berat serat 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% orientasi serat acak dengan panjang serat 3 cm. Pemotongan komposit sesuai dengan standar ASTM D638 untuk uji tarik dan ASTM D790 -02 untuk uji lentur. Kekuatan tarik komposit poliester berpenguat serat sisal yang diekstraksi dengan metode dekortikasi tertinggi terdapat pada fraksi berat tanpa serat dengan nilai rata-rata sebesar 39,37 MPa dan dekortikasi terendah sebesar 12,27 MPa pada fraksi berat serat 4%. Sedangkan untuk kekuatan lentur komposit tertinggi sebesar 97,49 MPa terjadi pada fraksi berat serat 0% dan menurun 56,35 MPa pada fraksi berat serat 1% kemudian terus menurun seiring bertambahnya fraksi berat serat 2%, dan 3% dan puncaknya pada fraksi berat serat 4% dengan nilai kekuatan lentur sebesar 27,64 MPa.

Kata Kunci : Serat daun sisal, *Vacuum* , kekuatan tarik, kekuatan lentur.

Abstract

Composites are a combination of two or more materials, and can replace metals because they are lightweight, non-corrosive, cost-effective, and easy to process. The printing process uses a vacuum technique because it can remove trapped voids in the resin. In this case, research and manufacture of natural fiber reinforced composites is carried out which is expected to be able to compete with metal. This study used sisal leaf fiber extracted by decortication method and used a Yukalac C-108B polyester matrix with the addition of 1% MEKPO as a catalyst. Then given NaOH treatment 5% within 2 hours. Furthermore, composite printing was carried out using the Vacuum technique with variations in fiber weight fraction of 0%, 1%, 2%, 3%, and 4% random fiber orientation with a fiber length of 3 cm. The composite cuts conform to ASTM D638 standards for tensile tests and ASTM D790-02 for flexural tests. The tensile strength of the sisal fiber reinforced polyester composite extracted by the decortication method was highest at 0% fiber weight fraction with an average value of 39.37 MPa and the lowest was 12.27 MPa at 4% fiber weight fraction. Meanwhile, the highest composite flexural strength of 97.49 occurred at 0% fiber weight fraction and decreased by 56.35 MPa at 1% fiber weight fraction then continued to decrease with increasing fiber weight fraction 2% and 3% and peaked at 4% fiber weight fraction. with a flexural strength value of 27.64 MPa

Keywords: sisal leaves fiber, vacuum, tensile strength, flexural strength

1. Pendahuluan

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang begitu pesat khususnya di bidang konstruksi dan manufaktur mengakibatkan meningkatnya kebutuhan material untuk sebuah produk, saat ini material yang sering digunakan di bidang konstruksi dan manufaktur adalah logam sehingga mengakibatkan permintaan logam semakin meningkat, oleh karena itu komposit dapat menggantikan logam, dikarenakan material komposit yang ringan, tidak korosi,

hemat biaya, dan proses yang mudah. Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih material, baik metal, polimer, maupun keramik yang bertujuan mengombinasikan sifat-sifat yang tidak dapat ditemukan dalam satu material [1].

Belakangan ini komposit dicetak dengan teknik *vacuum* sedang banyak dikembangkan. Dalam penelitian ini digunakan serat sisal dengan variasi fraksi berat serat: 1 %, 2 %, 3 %, 4% dengan matriks poliester untuk membandingkan dan mendapatkan data kekuatan tarik komposit dan kekuatan

lentur komposit setelah pengujian. Sedangkan perlakuan NaOH 5% dengan waktu perendaman 2 jam.

2. Dasar Teori

2.1 Serat Sisal

Serat sisal (*Agave Sisalana*) adalah salah satu bagian terpenting dari komposit yang berfungsi sebagai penguat dalam komposit tersebut. Daun Sisal dilakukan proses ekstraksi menggunakan proses dekortasi untuk mendapatkan serat sisal.

2.2 Resin Poliester

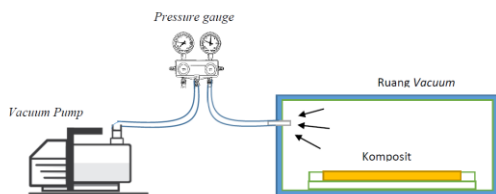
Penggunaan resin pada penelitian ini yaitu menggunakan jenis yukulac C-108B. Adapun karakteristik dari resin ini sebagai berikut :

Tabel 1. Sifat mekanik unsaturated poliester resin yukulac C -108B

No	Sifat	Nilai
1.	Densitas (ρ)	1,215 g/cm ³
2.	Kekuatan Tarik (σ_a)	25,7Mpa
3.	Modulus Elastisitas (E)	9,7Mpa
4.	<i>Elongation Break</i>	1,6 %
5	Kekuatan Lentur(σ_b)	42Mpa

2.3 Metode Vacuum

Metode pembuatan komposit untuk penelitian ini menggunakan vacuum yaitu dengan cara memasukan cetakan komposit kedalam ruang vakum dan udara di dalam ruang vakum lalu di *vacuum* dengan *vacuum pump*.



Gambar 1. Skema pencetakan vacuum

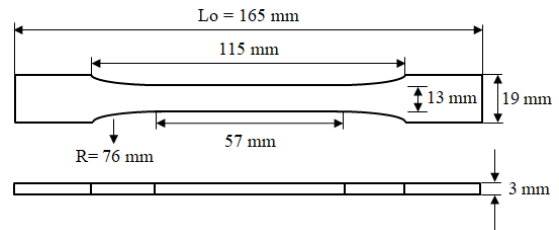
2.4 Fraksi Berat

Untuk menentukan jumlah serat daun sisal yang digunakan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} FB &= w_f/w_c \times 100 \\ w_c &= w_f + w_r \\ w_r &= V_{ce} \times \rho_r \\ V_{ce} &= p \times \ell \times t \end{aligned} \quad (1)$$

2.5 Uji Tarik

Spesimen pengujian tarik dibentuk berdasarkan ASTM D638 yang ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :

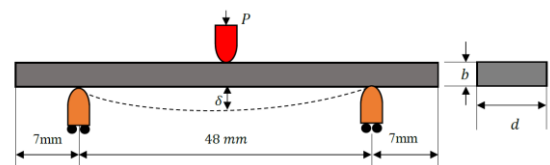


Gambar 2. Spesimen Uji Tarik [2]

$$\begin{aligned} \sigma &= P/A_0 \\ \epsilon &= (L - L_0)/L_0 \\ E &= \Delta\sigma/\Delta\epsilon \end{aligned} \quad (2)$$

2.6 Uji lentur

Spesimen uji lentur dibuat sesuai standar ASTM D790-03 yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3. Spesimen Uji Lentur (ASTM D 790-03)

$$\begin{aligned} \sigma_b &= 3Pl/(2bd^2) \\ E &= (l^3 m)/(4bd^3) \\ E &= 6Dd/l^2 \end{aligned} \quad (3)$$

2.7 Pengamatan Permukaan Patah Dengan Mikroskop Makro

Pada gambar 4 dapat dilihat pada titik A terjadi overload yaitu putusya serat yang diakibatkan karena batas kekuatan serat dan ikatan antara serat yang kuat. Pada titik B terjadi pullout yaitu ikatan antara matriks dan serat tidak kuat sehingga serat terlepas dari ikatan matriks. Pada titik C terjadi delamination yang disebabkan karena tingginya tegangan interlaminar. Pada titik D terjadi matrix flow yaitu karena matriks terlalu berlebihan sehingga terjadi pergeseran alur pada matriks.



Gambar 4. Mekanisme Kegagalan Pada Patahan

3. Metode penelitian

3.1 Alat Penelitian

1. Alat Uji Tarik
2. Alat Uji Lentur
3. Cetakan komposit
4. Timbangan Digital
5. Gelas Ukur

6. Ruang Vacuum
7. Vacuum Pump
8. Pressure Gauge
9. Gunting
10. Alat bantu yang digunakan seperti sarung tangan dan masker
11. Alat pembersih yang digunakan seperti tissue, lap kain, kuas.

3.2. Bahan Penelitian

1. Resin Poliester C-108B
2. Serat sisal
3. Glycerin
5. NaOH

3.3 Prosedur Penelitian

1. Siapkan daun sisal diambil no 2 dari bawah sampai dengan no 5, kemudian serat diekstraksi dengan metode dekortasi dengan cara daun sisal dibelah menjadi 4 bagian, lalu jepit dengan sebuah bambu kemudian ditarik secara berulang-ulang, sehingga serat dan zat pengikat akan terpisahkan.
2. NaOH digunakan untuk menghilangkan kotoran atau lignin pada serat, Pada penelitian ini peneliti merendaman NaOH 5% selama 2 jam.
3. Pemotongan serat yang sesuai dengan panjang yaitu 3 cm.
4. Ukur matriks Resin poliester C-108B sesuai dengan volume komposit yang akan dicetak.
Volume cetakan = 187,5 cm³
Massa jenis resin = 1,2 gram/cm³
Berat resin = 225 gram
5. Tambahkan hardener metil etil peroxide (MEKPO) 1%.
6. Campur poliester dengan hardener sesuai perhitungan.
7. Campuran poliester, hardener, dan serat daun sisal sesuai hitungan dituangkan pada cetakan sesuai dengan ketebalan spesimen.
8. Cetakan akan dimasukkan ke dalam ruang vacuum dengan tekanan -30 bar selama 10 menit
9. Potong spesimen sesuai dengan ukuran spesimen untuk uji tarik dan uji lentur

3.4 Pengujian Komposit

3.4.1 Uji Tarik

1. Panjang dan penampang spesimen diukur terlebih dahulu sebelum diuji.
2. Persiapkan mesin uji tarik yang akan digunakan.

3. Pasang spesimen uji tarik dan pastikan spesimen terjepit dengan baik.
4. Mulai pengujian dengan mesin uji tarik.
5. Perhatikan pertambahan panjang yang akan patah, hentikan mesin uji tarik ketika sudah patah, catat gaya tarik maksimum dan pertambahan panjangnya.

3.4.2 Uji Lentur

1. Persiapkan mesin uji lentur dan spesimen uji lentur.
2. Menentukan titik tumpuan dan titik tengah dengan memberikan tanda garis.
3. Meletakkan spesimen yang akan diuji.
4. Putar handle sampai beban menyentuh spesimen dan *manometer indicator* menunjukan angka nol.
5. Catat hasil besar beban yang diberikan pada tiap putaran yang ditentukan.

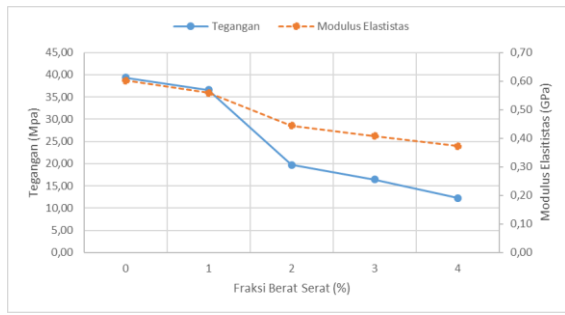
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil dan Perhitungan Uji Tarik

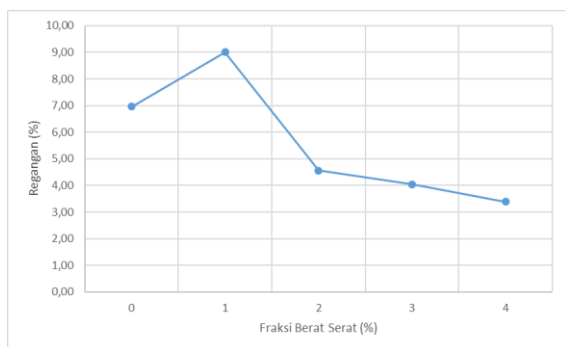
Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Uji Tarik Komposit

Pengujian Tarik Komposit			
Fraksi Berat Serat 0%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
A1	47,95	9,65	0,50
A2	35,69	6,84	0,52
A3	34,47	4,39	0,79
Rata-rata	39,37	6,96	0,60
Fraksi Berat Serat 1%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
B1	33,35	5,61	0,60
B2	31,95	3,86	0,83
B3	44,15	17,54	0,25
Rata-rata	36,55	9,01	0,56
Fraksi Berat Serat 2%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
C1	21,66	5,09	0,43
C2	19,08	3,51	0,54
C3	18,42	5,09	0,36
Rata-rata	19,72	4,56	0,44
Fraksi Berat Serat 3%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
D1	18,59	4,21	0,44
D2	14,46	3,51	0,41
D3	16,27	4,39	0,37
Rata-rata	16,44	4,04	0,41
Fraksi Berat Serat 4%			
Spesimen	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
E1	11,08	2,46	0,45
E2	13,73	4,21	0,33

E3	12,00	3,51	0,34
Rata-rata	12,27	3,39	0,37



Gambar 5. Grafik Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Tegangan dan Modulus Elastisitas



Gambar 6. Grafik Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Regangan Tarik

4.2 Pembahasan Uji Tarik Komposit

Berdasarkan gambar 5 menunjukkan bahwa kekuatan tarik meningkat seiring dengan berkurangnya fraksi berat serat. Nilai terendah terdapat pada fraksi berat serat 4% dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 12,27 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 0,37 GPa. Sementara itu, kekuatan tarik tertinggi terdapat pada fraksi tanpa serat dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 39,37 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 0,60 GPa. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada saat proses pengujian tarik material tidak putus dengan sempurna. [3]

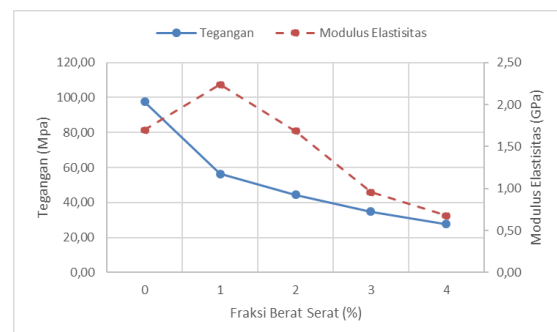
Hasil kekuatan tarik komposit menggunakan percetakan *hand-lay up* dari serat sisal dengan fraksi berat serat 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%. Tegangan tertinggi terdapat pada fraksi 10% dengan nilai rata-rata sebesar 34,68 Mpa, pada penelitian ini hasil tegangan tertinggi dengan nilai rata-rata 36,55 Mpa terdapat pada fraksi berat serat 1% [4]. Sementara itu kekuatan tarik komposit serat gewang dengan metode *vacuum* lebih tinggi dari metode *hand-lay up* kenaikan nilai

tegangan tarik sebesar 29,41%, hal ini disebabkan oleh ikatan matriks dan serat yang merata pada waktu percetakan [5].

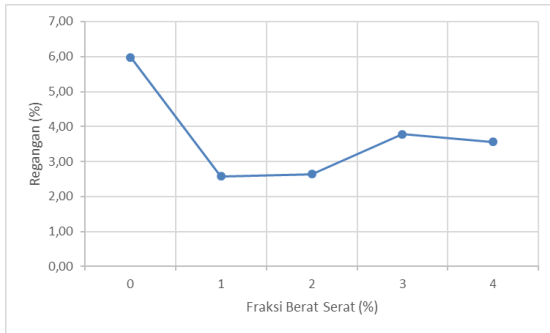
4.3 Hasil dan Perhitungan Uji Lentur Komposit

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Uji Lentur Komposit

Penguujian Tarik Komposit			
Fraksi Berat Serat 0%			
Spesimen	σ_L (MPa)	ϵ_L (%)	E (GPa)
F1	89,47	4,59	1,95
F2	87,04	7,44	1,17
F3	115,96	5,90	1,97
Rata-rata	97,49	5,98	1,69
Fraksi Berat Serat 1%			
Spesimen	σ_L (MPa)	ϵ_L (%)	E (GPa)
G1	62,77	3,28	1,92
G2	51,27	2,02	2,54
G3	55,00	2,44	2,26
Rata-rata	56,35	2,58	2,24
Fraksi Berat Serat 2%			
Spesimen	σ_L (MPa)	ϵ_L (%)	E (GPa)
H1	42,00	2,83	1,49
H2	40,58	2,51	1,62
H3	50,83	2,60	1,95
Rata-rata	44,47	2,65	1,69
Fraksi Berat Serat 3%			
Spesimen	σ_L (MPa)	ϵ_L (%)	E (GPa)
I1	35,45	4,39	0,81
I2	31,69	2,67	1,19
I3	37,32	4,28	0,87
Rata-rata	34,82	3,78	0,95
Fraksi Berat Serat 4%			
Spesimen	σ_L (MPa)	ϵ_L (%)	E (GPa)
J1	31,48	3,44	0,49
J2	21,54	4,42	0,49
J3	29,90	2,84	1,05
Rata-rata	27,64	3,57	0,68



Gambar 7. Grafik Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Tegangan dan Modulus Elastisitas



Gambar 8. Grafik Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Regangan Lentur

4.4 Pembahasan Uji Lentur Komposit
Berdasarkan gambar 7 menunjukkan kekuatan lentur tertinggi ada pada fraksi berat serat 0% dengan nilai sebesar 97,49 MPa. Sementara kekuatan lentur terendah ada pada fraksi berat serat 4% dengan nilai rata-rata 27,64 Mpa. Pada fraksi berat serat 1% dengan nilai 56,32 Mpa. Dimana pada fraksi berat serat 2% dan 3% masing-masing memiliki nilai kekuatan lentur rata-rata sebesar 44,47 Mpa dan 37,32 Mpa. Hal ini dapat dikarenakan keselarasan antar serat dan void yang terdapat pada specimen sehingga menurunnya kekuatan komposit [6].

Tegangan lentur komposit diperkuat serat prasok dengan fraksi berat serat 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%. Tegangan lentur tertinggi terdapat pada fraksi berat serat 0% sebesar 89,57 Mpa [7]. Sementara itu, hasil kekuatan lentur komposit diperkuat serat sisal dengan fraksi berat 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%. Nilai lentur tertinggi terdapat pada fraksi 0% (matriks murni) sebesar 91,30 Mpa, dan terendah pada fraksi berat serat 2,5% sebesar 64,25 Mpa [4].

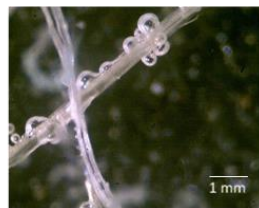
4.5 Pengamatan Foto Makro

4.5.1 Void

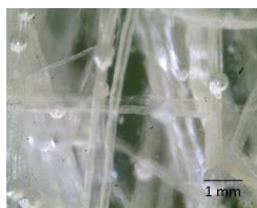
Adapun hasil pengamatan void setiap spesimen uji sebagai berikut :



Gambar 9. Void Fraksi Berat 1%



Gambar 10. Void Fraksi Berat 2%



Gambar 11. Void Fraksi Berat 3%



Gambar 12. Void Fraksi Berat 4%

4.5.2 Pembahasan Void

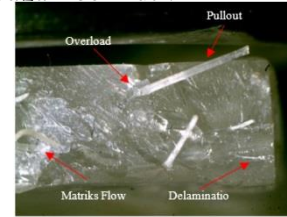
Pada Gambar 9 foto makro dengan fraksi berat serat 1% terdapat void dengan luas area sebesar 1,7%. Sedangkan pada Gambar 10 fraksi berat serat 2% terdapat void dengan luas area 3,2%. Kemudian pada Gambar 11 fraksi berat serat 3% terdapat void dengan luas area sebanyak 3,9% dan pada fraksi berat serat 4% menunjukkan void dengan luas area sebesar 4,8% seperti yang terlihat pada Gambar 12.

4.5.3 Patahan

Adapun hasil pengamatan patahan setiap spesimen uji sebagai berikut :



Gambar 13. Patahan 1%



Gambar 14. Patahan 2%



Gambar 15. Patahan 3%

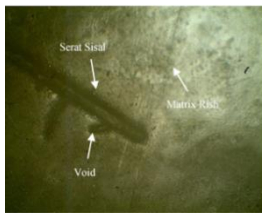


Gambar 16. Patahan 4%

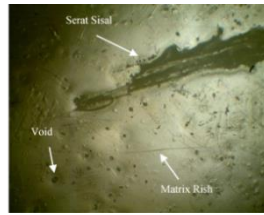
Terlihat pada gambar 13 diatas bahwa patahan specimen dengan fraksi berat serat 1% terdapat matriks flow dengan orientasi sebesar 42,80% . Hal ini dikarenakan jumlah serat yang sedikit dan tidak terdistribusi secara merata. Pada gambar 14 patahan specimen dengan fraksi berat serat 2 % terdapat matriks flow sebesar 40,20%. Sedangkan pada gambar 15 patahan pecimen dengan fraksi berat serat 3 % terdapat matriks flow sebesar 12,05%, selain matriks flow terdapat juga delamination, overload dan pullout, serta terdapat juga pullout pada gambar 16 patahan specimen dengan fraksi berat serat 4% dengan matriks flow sebesar 1.63%.

4.6 Hasil Foto Mikro

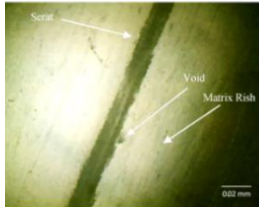
Adapun hasil pengamatan foto mikro pembesaran 40x sebagai berikut:



Gambar 17. Mikro 1%



Gambar 18. Mikro 2%

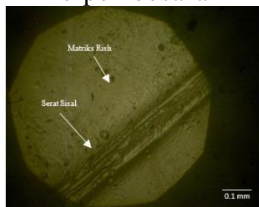


Gambar 19. Mikro 3%

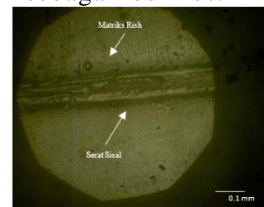


Gambar 20. Mikro 4%

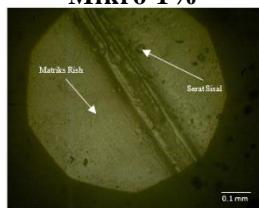
Adapun hasil pengamatan foto mikro pembesaran 100x sebagai berikut:



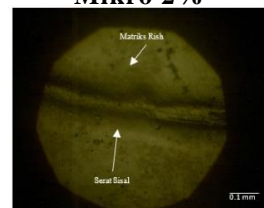
Gambar 21. Mikro 1%



Gambar 22. Mikro 2%



Gambar 23. Mikro 3%



Gambar 24. Mikro 4%

5. Kesimpulan

Kekuatan tarik komposit tertinggi terdapat pada komposit dengan nilai fraksi berat sebesar 0% dan didapatkan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 39,37 MPa. Sedangkan tegangan tarik terendah terdapat pada nilai fraksi berat serat sebesar 4% dengan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 12,27 MPa.

Kekuatan lentur tertinggi terdapat pada komposit dengan fraksi berat serat 0% dan didapatkan nilai rata-rata tegangan lentur sebesar 97,49 MPa. Sedangkan tegangan lentur terendah terdapat pada nilai fraksi berat serat 4% dan nilai rata-rata tegangan lentur sebesar 27,64.

Daftar Pustaka

- [1] W.D. Callister, 2007, *Materials Science and Engineering*, John Wiley Sons, Inc. 7nd Ed. New York.
- [2] A. Chhetri, K. Watts, M. Islam, 2008, *Waste Cooking Oil as an Alternate Feedstock for Biodiesel Production*, Energies, vol. 1, no. 1, pp. 3–18, doi: 10.3390/en1010003.
- [3] W. Sujana and I.K.A. Widi, 2014, *Pemanfaatan Silicon Rubber Untuk Meningkatkan Ketangguhan Produk Otomotif Buatan Lokal*, J. Energi Dan Manufaktur, vol. 6, no. 1, pp. 37–42.
- [4] I. M. M. P. Utama, 2017, Karakteristik *Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Serat Sisal (Agave Sisalana) Dengan Fraksi Berat Serat Yang Diekstrak Menggunakan Metode Dekortikasi*, Jurnal Tek.
- [5] Y.O. Bani, D.P. Mangesa, J.S. Bale, 2017, *Pembuatan Dan Pengujian Alat Fabrikasi Komposit Vacuum Bag Dengan Menggunakan Metode VDI 2221*, Lontar J. Tek. Mesin UNDANA, vol. 04, no. 01, pp. 16–25.
- [6] M. Zuhri, M. Yusoff, S. Mohd Sapuan, N. Ismail, R. Wirawan, 2010, *Mechanical properties of short random oil palm fibre reinforced epoxy composites*, Sains Malaysiana, vol. 39, no. 1, pp. 87–92
- [7] I.K.P. Atmaja, IW. Surata, T.G.T. Nindhia, 2020, *Karakteristik Mekanik Komposit Poliester Diperkuat Serat Cordyline australis (Daun Praksok) dengan Variasi Fraksi Berat*, vol. 9, no. 3, pp. 2–6
- [8] S. Krishna, I.P.A.S, Nasmi, H.S., 2013, *Analisa Uji Penyerapan Air dan Struktur Mikro Komposit Laminat Hybrid Serat Sisal dan Batang Pisang Dengan Matriks Epoxy*, (Dinamika Tek. Mesin) Tek. Mesin Univ. Mataram, 2013.



Komang Ghosagotama Aryayustama merupakan mahasiswa semester akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana menyelesaikan studi program sarjana dengan topik Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Poliester Berpenguat Serat Sisal Yang Diekstrak Dengan Metode Dekortasi.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan komposit, khususnya berpenguat serat alam.