

Karakteristik Mekanik Komposit Poliester Diperkuat Serat *Cordyline australis* (Daun Praksok) dengan Variasi Fraksi Berat

I Komang Putra Atmaja, I Wayan Surata, Tjokorda Gde Tirta Nindhia
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

*Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi kebutuhan akan material logam juga semakin meningkat, maka diperlukan material alternatif lain yang dapat mengimbangi sifat dan keunggulan material logam salah satunya yaitu material komposit. Komposit saat ini menggunakan serat sintetis yang tidak ramah lingkungan sehingga diperlukan penguat yang lebih ramah lingkungan yaitu serat dari alam. Serat daun praksok menjadi potensi sebagai bahan penguat komposit. Bahan yang digunakan adalah serat daun praksok (*Cordyline australis*), matriks poliester 157 BQTN EX dan hardener MEKPO. Serat direndam dengan NaOH 5% selama 2 jam. Komposit serat daun praksok disusun secara acak dan dibuat dengan metode hand layup. Pengujian tarik komposit menggunakan standar ASTM D3039 dan uji lentur menggunakan ASTM D790. Pengamatan visual digunakan untuk mengetahui mekanisme patahannya. Hasil penelitian dari komposit berpenguat serat daun praksok dengan fraksi berat serat 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% kekuatan tarik tertinggi ada pada fraksi berat serat 10% dengan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 19,164 MPa. Sedangkan kekuatan lentur tertinggi terdapat pada fraksi berat serat 0% dengan nilai 89,574 MPa hal ini disebabkan karena sifat serat yang getas. Pada pengamatan patahan, semakin tinggi fraksi berat serat maka matrix flow pada komposit semakin rendah dikarenakan jumlah serat semakin meningkat.*

Kata Kunci : Serat daun praksok, fraksi berat serat, kekuatan tarik, kekuatan lentur.

Abstract

As science and technology have developed, the metal materials need is also increasing. Therefore, it needs other alternative materials that can compensate the properties and advantages of metal materials, which is a composite material. Composites currently use unsustainable synthetic fibers, hence an eco-friendly reinforcer is needed, namely natural fiber. Praksok leaf fiber has potential as a composite reinforcing material.

The specimens used in the current study are Cordyline australis leaves fiber, matrix polyester 157 BQTN EX and hardener MEKPO. The fibers were soaked with 5% NaOH for 2 hours. The Cordyline australis leaves fiber were piled up and constructed by employing the hand layup method. The composite tensile test used ASTM D3039 standard and the flexibility test used ASTM D790-03 standard. Visual observation was done to discover the fracture mechanism.

The Cordyline australis leaves fiber strength composite with 2,5%, 5%, 7,5%, and 10% weight fiber fraction were gained. As the result, the weight fiber fraction 10% has the highest tensile force with the average value at 19,164 MPa. Meanwhile, the weight fraction 0% presents the highest flexibility force with value at 89,574 MPa since the characteristic of fiber is brittle. The higher weight fraction is, the lower the matrix flow gets on the composite during the fracture observation since the number of fiber increases.

Keywords: Cordyline australis leaves fiber, weight fiber fraction, tensile strength, flexural strength.

1. Pendahuluan

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, kebutuhan material juga semakin meningkat terutama material logam. Perkembangan yang meningkat mengakibatkan kebutuhan akan bahan material logam semakin meningkat sehingga material yang tersedia di alam akan berkurang dimana saat ini sebagian besar industri mengandalkan material logam. Sehingga diperlukan gagasan-gagasan baru yang dapat mengimbangi sifat dari material logam, salah satunya yaitu material komposit.

Komposit merupakan material alternatif karena komposit memiliki sifat ringan, kuat, tahan terhadap korosi [1]. Komposit terdiri dari pengikat dan penguat. Salah satu jenis penguatnya yaitu serat. Serat terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam dihasilkan dari alam. Serat sintetis dibuat dengan rekayasa teknik dimana

memiliki sifat yang homogen seperti serat glass, serat karbon, gravit dan kevlar.

Selain serat sintetik, serat alam juga memiliki potensi sebagai penguat komposit. Menurut [2], komposit yang diperkuat serat alam memiliki kelebihan dibandingkan komposit yang diperkuat dengan serat sintetis karena ramah lingkungan, tersedia di alam, mampu terurai secara alami dan memiliki harga produksi yang jauh lebih murah dibandingkan serat sintetis.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti mencoba melakukan penelitian pembuatan komposit berpenguat serat daun praksok (*Cordyline australis*) sebagai material penguat dengan matrik poliester sebagai bahan pengikat. Pemilihan daun praksok karena ketersediaan banyak, dapat dibudidayakan dan masih belum dimanfaatkan. Dalam penulisan jurnal ini terdapat beberapa hal yang dapat dikaji, antara lain:

1. Bagaimana pengaruh fraksi berat terhadap sifat mekanis yang terdiri dari kekuatan tarik?
2. Bagaimana pengaruh fraksi berat terhadap sifat mekanis yang terdiri dari kekuatan lentur?

2. Dasar Teori

2.1. Komposit

Komposit adalah material yang terdiri dari perpaduan dua atau lebih material yang memiliki sifat yang berbeda pada material penyusun tersebut [3].

2.2. Serat Alam

Pada komposit, serat berfungsi sebagai penguat terhadap matrik. Ikatan antarmuka antara serat dan matrik mempengaruhi kekuatan komposit. Kombinasi serat dengan matriks akan memberikan kekuatan yang tinggi dan memiliki densitas yang rendah [4]. Adapun sifat mekanis dari serat alam menurut [5] sebagai berikut:

Tabel 1 Sifat Mekanis Serat Alam

Material	Density (g/cm ³)	Tensile Strength (MPa)	Young Modulus (GPa)	Failure Strain (%)
Flax	1.45	500-900	50-70	1.5-4.0
Hemp	1.48	350-800	30-60	1.6-4.0
Jute	1.3	300-700	20-50	1.2-3.0
Bamboo	1.4	500-700	30-50	2
Coir	1.2	150-180	4-6	20-40
Sisal	1.5	300-500	10-30	2-5

Salah satu contoh serat alam yaitu serat dari daun praksok. Pohon praksok merupakan tanaman monokotil yang bercabang. Tinggi pohon ini bisa mencapai 12 meter atau lebih dengan batang yang kokoh dan daunnya berbentuk seperti pedang dengan panjang dapat mencapai 1 meter yang berkerumunan diujung cabang.

2.3. Matriks

Menurut [6], matrik berfungsi sebagai pengikat serat, melindungi serat serta mendistribusikan beban ke serat. Adapun sifat mekanis dari matriks menurut [7] sebagai berikut:

Tabel 2 Spesifikasi Unsaturated Polyester Resin Yukalac 157 BTQN-EX

Nomor	Parameter	Nilai
1	Densitas	1,20 g/cm ³
2	Kekuatan tarik	12,07 MPa
3	Modulus elastisitas	1,18 GPa
4	Poisson ratio	0,33

2.4. Perhitungan Campuran Komposit

Untuk menentukan jumlah serat dan matrik yang digunakan dapat menggunakan fraksi volume (Fv) dan fraksi berat (Fw) dengan persamaan berikut :

$$w_c = w_f + w_m \quad (1)$$

$$w_f = \frac{w_f}{w_c} \quad (2)$$

2.5. Uji Tarik

Uji tarik merupakan pengujian material yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dan tegangan elastisitasnya. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan ASTM D 3039.

$$\sigma = \frac{P}{A_0}, \epsilon = \frac{L-L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}, E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (3)$$

2.6. Uji Lentur

Uji lentur merupakan pengujian material yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan material terhadap bending atau pembengkokan. Pengujian ini dilakukan menggunakan standar ASTM D 790-03.

$$\sigma_b = \frac{3Pl}{2bd^2}, E = \frac{l^3m}{4bd^3}, \epsilon = \frac{6Dd}{l^2} \quad (4)$$

2.7. Pengamatan Permukaan Patah Dengan Mikroskop Makro

Setelah melakukan uji tarik dan lentur, dilakukan pengamatan terhadap patahan yang terjadi pada masing-masing fraksi berat serat. titik A terjadi *overload* yaitu patahan yang diakibatkan ikatan antarmuka serat dan matrik yang kuat. Pada titik B terjadi *pullout* yaitu patahan yang diakibatkan ikatan antarmuka serat tidak kuat sehingga serat terlepas dari matrik. 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 [8].



Gambar 1 Mekanisme Kegagalan Pada Patahan

3. Metode Penelitian

3.1. Penyiapan Bahan

Pada penelitian digunakan bahan :

1. Serat daun praksok

Serat daun praksok diperoleh dengan menggunakan metode *water retting* dimana air sebagai media pemisah antara serat dengan unsur lainnya pada daun. Lama perendaman membutuhkan waktu 30 hari. Serat kemudian direndam dengan NaOH 5% dengan lama 2 jam, setelah direndam serat dikeringkan tanpa dikenai sinar matahari langsung kemudian serat dipotong dengan ukuran 3cm.

2. Poliester

Matriks yang digunakan yaitu Poliester Yukalac BQTN 157 dan dicampurkan dengan katalis *metil etil peroxide* (MEKPO) 1%.

3.2. Penyiapan Alat

1. Cetakan komposit

Cetakan komposit terbuat dari kaca dengan ketebalan 15 mm sebagai alas dan tutup dan ketebalan 3 mm sebagai alat cetakan komposit dengan dimensi cetakan yaitu 15 cm x 25 cm x 3 cm.

2. Alat uji

Pengujian dilakukan dengan mesin uji tarik dan lentur

3.3. Prosedur Penelitian

Dalam penelitian menggunakan komposit serat daun praksok terdapat prosedur penelitian sebagai berikut :

1. Siapkan serat daun praksok dengan menggunakan 2-3 daun dari daun yang paling bawah.
2. Rendam serat dengan NaOH dengan kadar 5% selama 2 jam.
3. Pemotongan serat dengan panjang 3 cm.
4. Ukur matrik *unsaturated polyester* jenis Yukalac 157 BQTN sesuai dengan volume komposit yang akan dicetak.
5. Tambahkan hardener *metil etil peroxide* (MEKPO) 1% (v/v).
6. Campuran poliester, hardener, dan serat daun praksok sesuai dengan perhitungan fraksi berat ke dalam cetakan.
7. Cetakan ditutup dan diberikan beban pemberat sekitar 20 Kg selama 24 jam.
8. Keluarkan komposit dari cetakan dan masukkan kedalam oven dengan temperatur 65⁰C selama 2 jam.
9. Potong spesimen sesuai dengan ukuran spesimen untuk uji tarik dan uji lentur.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Uji Tarik

Hasil dari uji tarik ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 3 Perhitungan Kekuatan Tarik Komposit

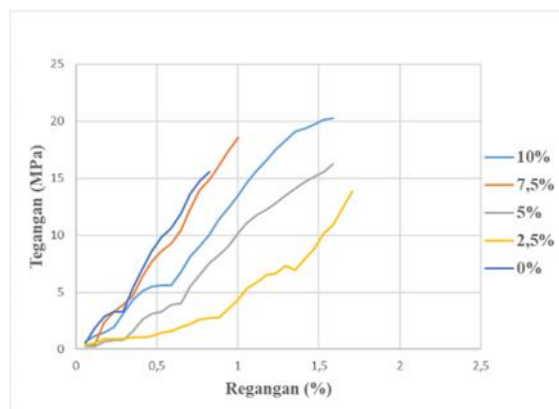
Penguji Tarik Komposit			
Fraksi Berat Serat 0%			
No	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
Spesimen 1	11,237	1,471	0,764
Spesimen 2	15,549	0,824	1,888
Spesimen 3	9,408	1,529	0,615
Rata-rata	12,065	1,275	1,089
Fraksi Berat Serat 2,5%			
No	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
Spesimen W1	12,152	1,647	0,738
Spesimen W2	12,152	1,765	0,689
Spesimen W3	13,851	1,706	0,812
Rata-rata	12,718	1,706	0,746
Fraksi Berat Serat 5%			
No	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
Spesimen X1	16,072	3,294	0,488
Spesimen X2	16,203	1,588	1,020
Spesimen X3	13,720	1,529	0,897
Rata-rata	15,332	2,137	0,802
Fraksi Berat Serat 7,5%			
No	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
Spesimen Y1	18,555	1,000	1,855
Spesimen Y2	16,072	1,118	1,438
Spesimen Y3	17,117	2,000	0,856
Rata-rata	17,248	1,373	1,383
Fraksi Berat Serat 10%			
No	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
Spesimen Z1	18,555	1,941	0,956
Spesimen Z2	18,685	1,529	1,222
Spesimen Z3	20,253	1,588	1,275
Rata-rata	19,164	1,686	1,151

Berdasarkan data di atas terdapat grafik hubungan kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas sebagai berikut.

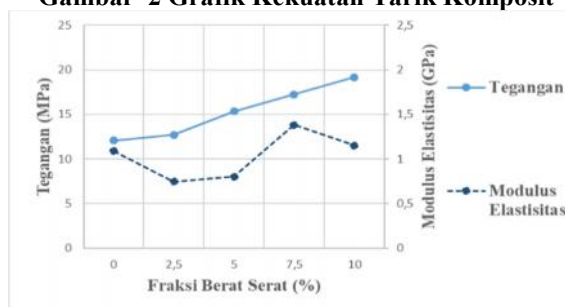
Gambar 2 menunjukkan hubungan antara tegangan dan regangan komposit serat daun praksok dengan variasi fraksi berat serat 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara tegangan tarik dan modulus elastisitas dengan fraksi

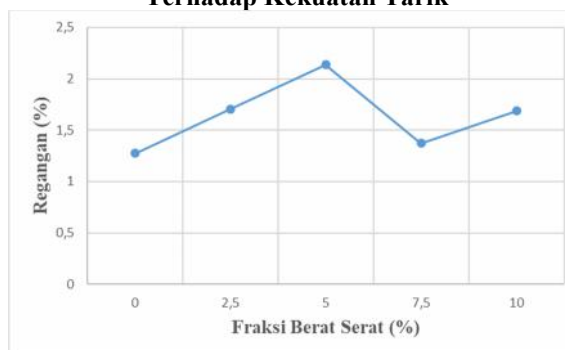
berat. Nilai terendah pada fraksi berat serat 0% dengan nilai rata-rata kekuatan tariknya sebesar 12,065 MPa. Pada 2,5% meningkat dengan rata-rata kekuatan tariknya 12,718 MPa. Pada fraksi berat serat 5% kekuatan tariknya meningkat dengan rata-rata kekuatan tariknya sebesar 15,332 MPa. Pada fraksi berat serat 7,5% memiliki kekuatan tarik sebesar 17,248 MPa. Nilai kekuatan tarik komposit serat praksok tertinggi ada pada fraksi berat serat 10% dengan nilai kekuatan rata-ratanya sebesar 19,164 MPa.



Gambar 2 Grafik Kekuatan Tarik Komposit



Gambar 3 Grafik Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Kekuatan Tarik



Gambar 4 Grafik Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Regangan

Nilai modulusitas pada fraksi berat 0% sebesar 1,089 GPa, pada fraksi berat 2,5% nilai modulus elastisitas sebesar 0,746 GPa, pada fraksi berat serat 5% nilai modulus elastisitas sebesar 0,802 GPa, pada fraksi berat 7,5% nilai modulus elastisitasnya 1,383 GPa dan pada fraksi berat 10% nilainya 1,151 GPa.

Gambar 4 menunjukkan hubungan regangan terhadap fraksi berat serat. Nilai regangan pada fraksi berat serat 0% adalah 1,275%, pada fraksi berat serat

2,5% mengalami peningkatan dengan nilai 1,706%, pada fraksi berat serat 5% mengalami peningkatan dengan nilai 2,137%, nilai regangan mengalami penurunan pada fraksi berat 7,5% dengan nilai 1,373% dan pada fraksi berat 10% nilai regangan mengalami peningkatan dengan nilai 1,686%.

Dilihat pada foto makro, semakin besar fraksi berat serat maka terjadi patahan yang bersifat *overload* dimana terjadi ikatan antara serat dengan matrik yang kuat. Sehingga seiring meningkatnya fraksi berat kekuatan tarik semakin meningkat.

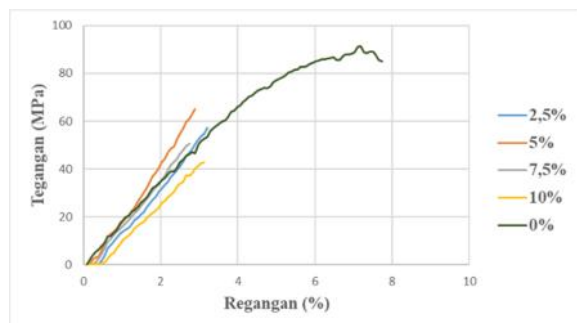
4.2. Uji Lentur

Hasil dari uji lentur ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 4 Perhitungan Kekuatan Lentur Komposit

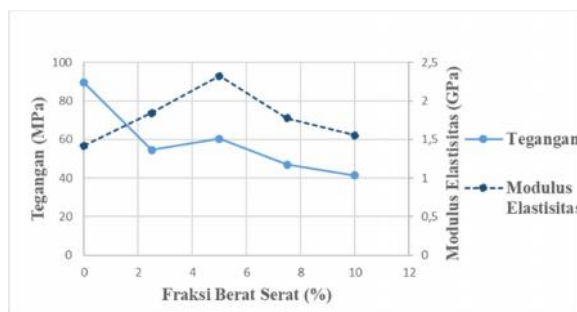
Pengujian Bending Komposit			
Fraksi Berat Serat 0%			
No	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
Spesimen 1	85,746	6,562	1,306
Spesimen 2	91,487	5,468	1,672
Spesimen 3	91,487	7,187	1,272
Rata-rata	89,574	6,406	1,417
Fraksi Berat Serat 2,5%			
No	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
Spesimen A1	50,559	2,656	1,903
Spesimen A2	56,022	3,047	1,839
Spesimen A3	57,380	3,203	1,791
Rata-rata	54,654	2,969	1,844
Fraksi Berat Serat 5%			
No	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
Spesimen B1	57,751	2,422	2,385
Spesimen B2	58,306	2,500	2,332
Spesimen B3	65,128	2,891	2,253
Rata-rata	60,395	2,604	2,323
Fraksi Berat Serat 7,5%			
No	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
Spesimen C1	44,478	2,422	1,837
Spesimen C2	50,682	2,734	1,854
Spesimen C3	46,021	2,813	1,636
Rata-rata	47,061	2,656	1,775
Fraksi Berat Serat 10%			
No	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
Spesimen D1	42,879	3,125	1,372
Spesimen D2	41,268	2,500	1,651
Spesimen D3	39,848	2,422	1,645
Rata-rata	41,332	2,682	1,556

Berdasarkan data diatas, terdapat grafik hubungan kekuatan lentur dengan fraksi berat, regangan lentur dan modulus elastisitas dengan fraksi berat sebagai berikut:

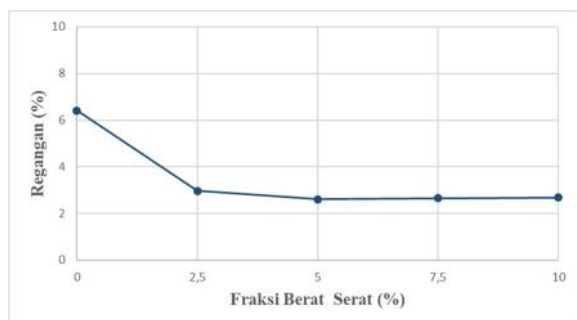


Gambar 5 Grafik Hubungan Tegangan Lentur dengan Regangan Lentur

Pada gambar 5 menunjukkan hubungan tegangan lentur dengan regangan lentur dengan variasi fraksi berat serat 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.



Gambar 6 Grafik Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Tegangan Lentur Komposit



Gambar 7 Grafik Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Regangan Lentur Komposit

Pada gambar 6 menunjukkan grafik hubungan fraksi berat serat terhadap tegangan lentur dan modulus elastisitas. Nilai rata-rata tertinggi kekuatan lentur komposit ada pada fraksi berat serat 0% dengan nilai sebesar 89,574 MPa. Pada fraksi berat 5% dengan nilai sebesar 60,395 MPa. Dimana yang terendah ada pada fraksi berat serat 10% dengan nilai rata-rata kekuatan lentur sebesar 41,332 MPa. Pada fraksi berat serat 2,5% dan 7,5% memiliki nilai kekuatan lentur rata-rata sebesar 54,654 MPa dan 46,061 MPa.

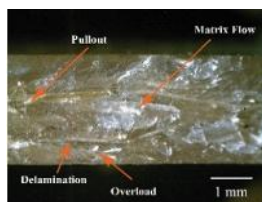
Nilai modulus elastisitas pada fraksi berat serat 0% sebesar 1,417 GPa, pada fraksi berat serat 2,5% dengan nilai 1,844 GPa, pada fraksi berat serat 5% dengan nilai 2,323 GPa, pada fraksi berat serat 7,5% nilai modulus elastisitas dengan nilai 1,775 GPa dan pada fraksi berat serat 10% memiliki modulus elastisitas dengan nilai 1,556 GPa.

Melalui pola patahan pada material yang dapat dilihat pada foto makro, dapat diketahui permukaan material yang patah tersebut permukaannya kasar, hal ini menunjukkan material ini bersifat getas. Karena posisi serat yang acak atau saling tumpang tindih menyebabkan serat rawan patah yang mengakibatkan beban yang diserap juga kurang maksimal.

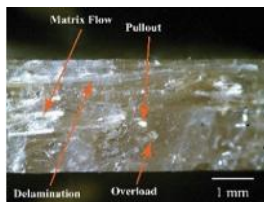
4.3. Foto makro

Foto makro dengan pembesaran 20X dapat dilihat sebagai berikut. Pada gambar .8 patahan dari spesimen uji tarik dengan fraksi berat serat 2,5% terlihat terjadi patahan dengan didominasi *matrix flow* dengan luas sekitar 40,5%. Hal tersebut diakibatkan karena kurangnya serat, sehingga mengakibatkan ruang kosong tanpa ikatan matriks dan serat banyak ditemui yang mengakibatkan nilai kekuatan menjadi lebih rendah. Pada gambar 4.9

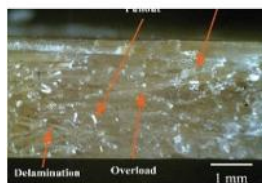
patahan terlihat patahan dengan *matrix flow* dengan luasnya 19,6%. Selain *matrix flow* terdapat juga delamination dan overload pada patahan tersebut. pada fraksi berat serat 7,5% pada gambar 4.10 terjadi patahan *matrix flow* dengan luas 17,8%. Selain itu terdapat patahan berupa pullout, serta didominasi dengan patahan delamination dan overload. Kekuatan tarik tertinggi ada pada fraksi berat serat 10%, terlihat pada gambar 4.11 patahan *matrix flow* memiliki perbandingan luas sekitar 13,2% dengan patahan overload dan delamination yang paling dominan sedangkan patahan pullout terlihat sedikit.



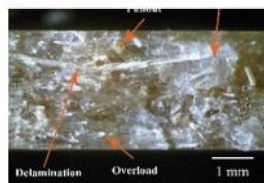
Gambar 8 Fraksi Berat Serat 2,5%



Gambar 9 Fraksi Berat Serat 5%



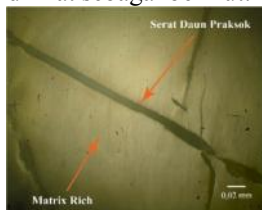
Gambar 10 Fraksi Berat Serat 7,5%



Gambar 11 Fraksi Berat Serat 10%

4.4. Foto Mikro

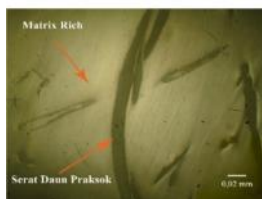
Foto mikro dengan pembesaran 40X dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 12 Fraksi Berat Serat 2,5%



Gambar 14 Fraksi Berat Serat 7,5%



Gambar 13 Fraksi Berat Serat 5%



Gambar 15 Fraksi Berat Serat 10%

Pada foto mikro tersebut terlihat bahwa ikatan yang terjadi antar matriks dengan serat terjadi ikatan yang sempurna.

5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

1. Kekuatan tarik dipengaruhi dengan meningkatnya jumlah serat dimana kekuatan

tarik tertinggi ada pada fraksi berat serat 10% dengan nilai rata-rata tegangan tarik sebesar 19,164 MPa.

2. Kekuatan lentur cenderung menurun seiring meningkatnya jumlah serat dimana kekuatan lentur tertinggi ada pada fraksi berat serat 0% dengan nilai rata-rata tegangan 89,574 MPa.
3. Dari foto makro terlihat semakin besar nilai fraksi berat serat maka *matrix flow* semakin menurun, hal ini disebabkan karena jumlah serat semakin meningkat.

Daftar Pustaka

- [1] Nurmawati, 2008, *Pengaruh Waktu Tahan Sinter dan Fraksi Volume Penguat AL2O3 Terhadap Karakteristik Laminat AL/SiC-AL/AL2SO3 Produk Metalurgi Serbuk*, Skripsi, no. 1, pp. 1–23.
- [2] I. Munandar, S. Savetlana, dan S. Sugiyanto, 2013, *Kekuatan Tarik Serat Ijuk (Arenga Pinnata Merr)*, J. Ilm. Tek. Mesin FEMA, vol. 1, no. 3, pp. 97942.
- [3] T. Surdia dan S. Saito, 1999, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- [4] Muhammad dan R. Putra, 2014, *Bahan Ajar Bahan Teknik*, Aceh Utara: Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- [5] T. Raja, P. Anand, M. Karthik, dan M. Sundaraj, 2017, *Evaluation of mechanical properties of natural fibre reinforced composites - A review*, Int. J. Mech. Eng. Technol., vol. 8, no. 7, pp. 915–924.
- [6] R. F. Gibson, 1994, *Principles of Composite Material Mechanics*, New York: McGraw-Hill, Inc.
- [7] I. W. Surata, T. G. T. Nindhia, I. K. A. Atmika, dan I. N. Wirawan, 2016, *Karakterisasi Sifat Mekanik Biokomposit Berpenguat Serat Rumput Laut sebagai Bahan Teknik Alternatif yang Ramah Lingkungan*, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV, MT-006
- [8] C. R. Brooks dan A. Choudhury, 2002, *Failure analysis of engineering materials*, New York: McGraw-Hill.



I Komang Putra Atmaja menyelesaikan studi program sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2016 sampai 2020. Ia menyelesaikan studi program sarjana dengan topik penelitian “Karakteristik Mekanik Komposit Poliester Diperkuat Serat *Cordyline australis* (Daun Praksok) dengan Variasi Fraksi Berat”. Area penelitian yang diminati adalah rekayasa manufaktur yang terdiri dari material komposit.