

Pengaruh Fraksi Berat Dan Waktu Perendaman Serat Pada Air Laut Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Lentur Komposit Epoxy Serat Praksok (*Cordyline Australis*)

Ida Bagus Putu Purwadnyana, Tjokorda Gde Tirta Nindhia, I Wayan Surata
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Komposit didesain untuk menjadi material alternatif pengganti logam. Unsur utama dari komposit adalah serat dan matriks, serat adalah sumber dari kekuatan dan kekakuan pada komposit. Pada penelitian ini digunakan serat alam yaitu serat praksok. Serat direndam pada air laut selama 0, 2, dan 4 jam. Resin yang digunakan merupakan resin epoxy dengan merek sikadur 52-id. Komposit menggunakan serat daun praksok dengan panjang 3 cm dan disusun secara acak menggunakan metode hand lay-up dengan fraksi berat serat 0%, 5%, dan 7,5%. Spesimen pengujian tarik komposit menggunakan standar ASTM D3039 dan uji lentur menggunakan ASTM D790. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik dan kekuatan lentur tertinggi terjadi pada fraksi berat serat 7,5% perendaman serat 2 jam dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 31,316 MPa dan kekuatan lentur sebesar 74,552 MPa. Pada pengamatan foto makro patahan, ikatan serat dan matriks terbaik terdapat pada variasi perendaman serat 2 jam sehingga kekuatan tarik dan lentur dapat dihasilkan secara optimum. Ikatan serat dan matriks yang baik ditandai dengan terdapatnya overload pada patahan..

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

Abstract

Composites are designed to be an alternative material made of metal; the material is lightweight, corrosion resistant and inexpensive. The main element of a composite is a fiber and matrix, fiber is a material that provides strength and stiffness in a composite. In this study natural fibers such as praksok (*cordyline australis*) fiber are used. The fiber is submerged in sea water for 0, 2, and 4 hours with 3 cm fiber length. The resin used is epoxy resin with the brand sikadur 52-id. Composite was made with random fiber orientation by hand lay-up method with weight fraction of 0%, 5%, and 7.5%. Composite tensile testing using ASTM D3039 standard and flexural testing using ASTM D790. The results of the study of the praksok leaf fiber reinforced composites with fiber weight fraction of 0%, 5%, and 7.5%, therefore highest tensile and flexural strength were occurred at 7.5% fiber weight fraction of 2 hour fiber immersion with an average tensile strength value of 31.316 MPa and flexural strength value of 74.552 MPa. In the observation of fracture macro photos, the best cross-linking bond is found in the variation of fiber immersion for 2 hours so that tensile and flexural strength occur optimally.

Keywords: Praksok leaf fiber, fiber weight fraction, fiber immersion time, tensile strength, flexural strength.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi komposit sangat berpengaruh pada industri manufaktur. Komposit didesain untuk menjadi material alternatif pengganti logam, komposit memiliki beberapa keunggulan dari logam seperti; materialnya ringan, tahan korosi dan murah. Komposit memiliki *strength to weight ratio* yang lebih baik dari logam, sehingga komposit cocok untuk menjadi material alternatif pengganti logam [1]. Komposit adalah material yang terdiri dari campuran 2 atau lebih material yang memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda. Komposit tersusun dari matriks dan serat atau *fiber (reinforcement)*. Diperlukan teknologi komposit baru dimana material dari komposit itu dibuat agar ramah lingkungan seperti memanfaatkan serat alam dibandingkan dengan serat sintesis. Dimana dengan menggunakan serat alam ditujukan untuk meminimalisir kontaminasi lingkungan, emisi gas efek rumah kaca, dan memaksimalkan penggunaan sumber daya alam. Serat alam yang digunakan untuk *reinforcement* dari komposit merupakan serat yang didapat melalui

proses ekstraksi dari tumbuhan, salah satu proses ekstraksi yang umum digunakan adalah *waterretting*. Sifat suatu material komposit dapat ditentukan oleh komposisi serat yang terkandung didalamnya, bahwa semakin banyak serat yang terdapat didalamnya maka kekuatan mekaniknya semakin besar. Peningkatan kekuatan dan kekakuan dapat dicapai dengan memvariasikan fraksi berat serat dan mengontrol ikatan antara lapisan komposit [2]. Perlakuan kimia seperti perendaman serat pada larutan alkali sering kali digunakan pada penelitian komposit berserat alam. Penggunaan larutan alkali pada perendaman serat alam berfungsi untuk melepaskan /membersihkan lapisan lilin (*lignin*) pada permukaan serat alam. Lapisan lilin dihilangkan untuk meningkatkan ikatan serat dengan matriks sehingga menghasilkan sifat mekanis komposit yang lebih baik [3]. Penelitian ini mengacu pada pembuatan komposit berpenguat serat *cordyline australis* dengan matriks epoxy sebagai pengikat. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data ilmiah mengenai pengaruh waktu perendaman air laut terhadap perubahan sifat-sifat

mekanis serat pembentuk material komposit, serta pengaruh fraksi berat terhadap peningkatan nilai kekuatan tarik dan kekuatan lentur komposit. Metode penelitian ini dimulai dengan pemisahan (ekstraksi) daun menjadi serat, pembuatan spesimen dengan metode pencetakan dengan teknik *hand lay-up*, dilanjutkan dengan pengujian uji tarik ASTM D3039 dan uji lentur ASTM D790-03.

Dalam penelitian ini ada beberapa masalah yang akan dikaji, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh perlakuan perendaman serat pada air laut dan fraksi berat serat terhadap kekuatan tarik komposit *epoxy* serat *cordyline australis* yang dicetak dengan teknik *hand lay-up*?
2. Bagaimana pengaruh perlakuan perendaman serat pada air laut dan fraksi berat serat terhadap kekuatan lentur komposit *epoxy* serat *cordyline australis* yang dicetak dengan teknik *hand lay-up*?

2. Dasar Teori

2.1. Komposit

Komposit merupakan sistem material yang tersusun dari dua atau lebih kombinasi unsur pokok yang memiliki komposisi kimia yang berbeda dan pada dasarnya tidak larut satu sama lain [4]. Komposit memiliki kekuatan jenis (modulus elastisitas /density) dan kekuatan jenis lebih tinggi dibandingkan logam. Serat berfungsi sebagai rangka dan matriks sebagai pengisi dari rangka dan pengikat serat. Matriks juga berfungsi sebagai komponen pada komposit yang meneruskan beban eksternal ke serat secara merata. Penggabungan matriks dengan serat alam membutuhkan ikatan permukaan yang kuat agar reaksi yang terjadi dapat serasi dan saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Sifat pengikatan ini dapat ditingkatkan dengan perlakuan kimia pada serat alam [5].

2.2. Serat (Penguat)

Serat Merupakan bahan utama dari komposit, fungsi serat umumnya adalah sebagai rangka material untuk memperkuat komposit sehingga sifat sifat mekaniknya lebih kuat, kaku, tangguh, dan lebih kokoh bila dibandingkan dengan tanpa serat penguat [6]. Serat dikalsifikasikan menjadi dua jenis yaitu: serat sintetis dan serat alami.

1) Serat Alam

Serat alam merupakan serat yang diperoleh dari tumbuhan, hewan, dan mineral melalui sebuah proses maupun secara langsung. Serat alam dapat digunakan sebagai komponen dari komposit, dan orientasi serat tersebut akan berdampak pada sifat fisik dari komposit tersebut.

2) Serat Sintetis

Serat sintetis (buatan) merupakan serat yang memiliki susunan molekul yang tersusun secara disengaja yang dibuat oleh manusia melalui suatu proses kimia. Komposit serat sintetis memberikan kekuatan dan keuletan yang lebih dibandingkan komposit serat alam. Komposit serat alam memiliki keterbatasan pada aplikasi tertentu dikarenakan kemampuan serat alaminya yang dapat menyerap kelembaban dan stabilitas thermal yang lebih rendah dari serat sintetis [7].

2.3. Matriks (Resin)

Matriks (resin) adalah material penyusun komposit dimana matriks ini berfungsi sebagai perekat serat, pelindung serat, dan mentransfer beban dari serat ke serat lainnya. Resin akan saling mengikat dengan material serat sehingga beban yang dikenakan pada komposit menyebar secara merata. Matriks memiliki kekerasan, kekakuan, keuletan yang lebih rendah dibandingkan serat. Resin dibagi menjadi dua jenis berdasarkan bahan pembuatnya, yaitu: resin sintetis dan resin alami (bioresin).

2.4. Serat *Cordyline Australis*

Serat *Cordyline Australis* merupakan serat yang bisa didapatkan dari tumbuhan *Cordyline Australis* dimana tanaman ini dikenal dengan tanaman Praksok. Tanaman yang bersalan dari New Zealand, Australia ini merupakan tanaman hias yang sering digunakan untuk mempercantik rumah dan di Bali biasanya tanaman praksok dimanfaatkan seratnya untuk dijadikan kerajinan seperti rambut pada barong atau rangda. Tinggi pohon praksok bisa mencapai 12 meter dengan panjang daun yang mampu mencapai 1 meter. Serat diperoleh dengan menggunakan metode ekstraksi serat yang disebut *water retting* dimana metode jenis ini menggunakan media air sebagai pemisah serat dengan unsur lainnya seperti ditunjukkan pada gambar 1. Untuk daun yang baik dimanfaatkan pada pembuatan serat adalah daun ke 3 sampai ke 5 pada pohon praksok yang diukur dari daun paling bawah, dikarenakan daun pada urutan tersebut akan lebih mudah di proses menjadi serat dikarenakan umur daun yang lebih muda. Masing-masing Serat praksok akan dipotong menjadi 3 cm untuk di cetak pada komposit sesuai dengan fraksi berat serat yang telah ditentukan.



Gambar 1. Serat Prasok (*Cordyline Australis*)

2.5. Resin Epoxy

Resin epoksi (*epoxy resin*) atau secara umum dipasaran dikenal dengan bahan epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok termoset. Resin termoset adalah polimer cair yang diubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga secara kimia, membentuk formasi rantai polimer tiga dimensi. Sifat mekanisnya tergantung pada unit molekuler yang membentuk jaringan rapat dan panjang jaringan silang. Proses pembuatannya dapat dilakukan pada suhu kamar dengan memperhatikan zat-zat kimia yang digunakan sebagai pengontrol polimerisasi jaringan silang agar didapatkan sifat optimum bahan.

Termoset memiliki sifat isotropis dan peka terhadap suhu, mempunyai sifat tidak bisa meleleh, tidak bisa diolah kembali, atomnya berikatan dengan kuat, tidak bisa mengalami pergeseran rantai. Bentuk resin epoksi sebelum pengerasan berupa cairan seperti madu dan setelah pengerasan akan berbentuk padatan yang sangat getas [8].

2.6. Metode Pencetakan Komposit

Terdapat dua jenis cara pembuatan komposit, proses cetakan terbuka (*open-mold process*) dan cetakan tertutup (*Closed-mold process*). Dalam penelitian ini digunakan proses cetakan terbuka yaitu dengan metode *hand lay-up*. Metode pencetakan *hand lay-up* diawali dengan pemerataan serat pada cetakan, lalu penuangan resin pada cetakan dan didiamkan selama 24 jam dengan diberikan beban seberat 5 kg pada tutupnya.

2.7. Air Laut

Air adalah substansi yang paling banyak terdapat di bumi. Laut di Bumi memiliki volume sebesar 1.335.000.000 kilometer kubik yang mencakup sekitar 96,5% dari seluruh air di Bumi yang diketahui dan meliputi lebih dari 70% permukaan Bumi [9]. Air laut memiliki enam komposisi terbesar yaitu adalah chloride (Cl⁻), sodium (Na⁺), sulfate (SO₄⁻), magnesium (Mg²⁺), calcium (Ca²⁺), and potassium (K⁺) (Duxbury & History, 2018). Akan tetapi komposisi ini sangat bervariasi sebab adanya penambahan unsur lain dari sungai, penguapan, hujan, dan lain-lain.

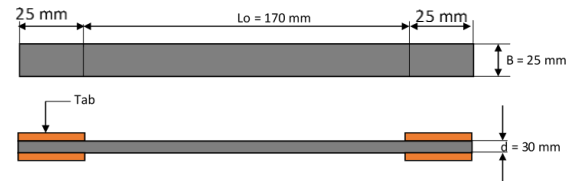
2.8. Fraksi Berat

Untuk menentukan jumlah serat daun praksok yang digunakan dapat menggunakan fraksi volume (Fv) dan fraksi berat (Fb). Pada penelitian ini digunakan fraksi berat kering dengan persamaan sebagai berikut:

$$w_c = w_f + w_m, F_b = \frac{w_f}{w_c} \times 100\% \quad (1)$$

2.9. Uji Tarik

Uji tarik merupakan pengujian material yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik, tegangan dan regangan. Pada pengujian ini dilakukan pengamatan terhadap pertambahan beban dan pertambahan panjang selama pengujian. Spesimen pengujian tarik didesain berdasarkan ASTM D3039 yang ditunjukkan pada gambar 2.



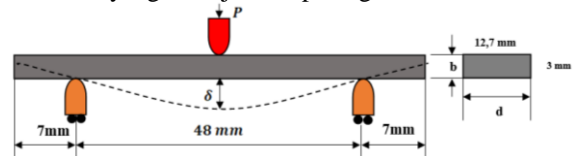
Gambar 2. Spesimen Uji Tarik

Perhitungan tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{P}{A_0}, \epsilon = \frac{L-L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}, E = \frac{\sigma_y}{\epsilon_y} \quad (2)$$

2.10. Uji Lentur

Uji lentur merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan terhadap bending atau pembengkokan. Pada pengujian ini menggunakan metode threepoint bending menggunakan jenis tumpuan jepit - jepit. Spesimen yang akan diuji akan mengalami tegangan tekan pada bagian atas dan tegangan tarik pada bagian bawahnya yang akan didapat beban oleh benda uji sebelum terjadi patahan. Spesimen uji lentur dibuat sesuai standar ASTM D790-03 yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Spesimen Uji Lentur

Tegangan lentur, regangan lentur, dan modulus elastisitas lentur i dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_b = \frac{3Pl}{2bd^2}, \epsilon_l = \frac{6\delta \cdot d}{L^2}, E = \frac{l^3m}{4bd^3} \quad (3)$$

2.11. Pengamatan Permukaan Patah



Gambar 4. Pengamatan Permukaan Patah

Pada gambar 4 (A) *overload*, merupakan patahan dari serat yang berhasil terikat dengan matriks dan letaknya sejajar dengan arah dari gaya tarik. (B) *Fiber pull-out*, merupakan serat yang tidak terikat atau

memiliki ikatan yang kurang baik dengan matriks. (C) *delamination* disebabkan karena tingginya tegangan *interlaminar*. (D) *matriks flow*, merupakan patahan matriks yang menyebabkan terjadinya pergeseran alur pada matriks.

3. Metode Penelitian

3.1. Alat-alat Penelitian

Penggunaan alat-alat dalam penelitian ini sebagai berikut :

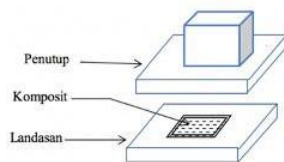
1. Spesimen Uji Tarik ASTM D3039
2. Spesimen Uji Lentur ASTM D790
3. Mikroskop Optik
4. Cetakan Akrilik
5. Timbangan Digital

3.2. Bahan-bahan Penelitian

1. Serat Daun Praksok (*Cordyline Australis*)
2. Epoxy Sikadur 52-id
3. Air Laut

3.3. Prosedur Penelitian

1. Siapkan daun praksok, diambil dari daun dengan urutan 3-5 dari yang paling bawah untuk memudahkan proses ekstraksi.
2. Proses ekstraksi daun praksok menjadi serat menggunakan teknik *waterretting*. Serat dipotong menjadi 3 cm.
3. Siapkan cetakan akrilik dengan ukuran cetakan 25 cm x 25 cm dan tebal 3 mm. skema pencetakan komposit ditunjukkan pada gambar 4
4. Tata serat pada cetakan secara acak dan merata pada cetakan sesuai dengan jumlah serat dengan perhitungan fraksi berat.
5. Tuangkan matriks epoxy sikadur 52-id pada cetakan sesuai dengan perhitungan fraksi berat.
6. Cetakan ditutup dan diberi beban pemberat 5 kg selama 24 jam.
7. Lepaskan Komposit yang telah dicetak dengan hati-hati.
8. Potong komposit sesuai dengan ukuran spesimen untuk uji tarik dan uji lentur.
9. Spesimen pengujian tarik dengan standar ASTM D 3039. Data beban diambil setiap 0,1 mm pertambahan panjang.
10. Spesimen pengujian lentur dengan standar ASTM D790-03. Data beban diambil setiap 0,1 mm pertambahan panjang.



Gambar 5 Skema Pencetakan Komposit

4. Hasil Dan Pembahasan

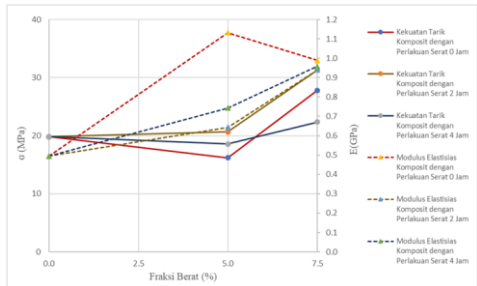
4.1. Uji Tarik

Data hasil uji tarik untuk semua perlakuan dan fraksi berat serat disajikan pada tabel 1.

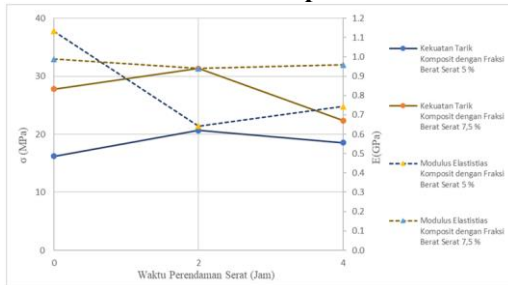
Tabel 1. Data hasil uji tarik

Pengujian Tarik Komposit									
Fraksi Berat Serat 0 %									
No.	A_0 (mm ²)	L_0 (mm)	P (N)	ΔL (mm)	σ_t (MPa)	ϵ_t (%)	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
O 1	75	170	1519,0	8,8	20,253	4,353	20,384	4,588	0,465
O 2	75	170	1519,0	8,8	17,117	3,882	20,253	5,176	0,441
O 3	75	170	1411,2	7,3	15,941	2,765	18,816	4,294	0,577
Rata-Rata							19,818	4,686	0,494
Fraksi Berat Serat 5 %, Perendaman Air Laut 0 Jam									
No.	A_0 (mm ²)	L_0 (mm)	P (N)	ΔL (mm)	σ_t (MPa)	ϵ_t (%)	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
A 0	75	170	1234,8	2,8	16,464	1,647	16,464	1,647	1,000
A 1	75	170	1117,2	3,0	13,197	1,235	14,896	1,765	1,068
A 2	75	170	1293,6	2,3	17,248	1,353	17,248	1,353	1,275
Rata-Rata							16,203	1,588	1,114
Fraksi Berat Serat 7,5 %, Perendaman Air Laut 0 Jam									
No.	A_0 (mm ²)	L_0 (mm)	P (N)	ΔL (mm)	σ_t (MPa)	ϵ_t (%)	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
B 0	75	170	2116,8	4,6	28,224	2,706	28,224	2,706	1,043
B 1	75	170	1989,4	3,7	26,525	2,176	26,525	2,176	1,219
B 3	75	170	2146,2	3,9	28,616	2,294	28,616	2,294	1,247
Rata-Rata							27,788	2,392	1,170
Fraksi Berat Serat 5 %, Perendaman Air Laut 2 Jam									
No.	A_0 (mm ²)	L_0 (mm)	P (N)	ΔL (mm)	σ_t (MPa)	ϵ_t (%)	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
C 0	75	170	1597,4	3,7	21,299	2,176	21,299	2,176	0,979
C 2	75	170	1538,6	3,8	20,515	2,235	20,515	2,235	0,918
C 3	75	170	1509,2	4,5	8,363	1,412	20,123	2,647	0,592
Rata-Rata							20,645	2,353	0,830
Fraksi Berat Serat 7,5 %, Perendaman Air Laut 2 Jam									
No.	A_0 (mm ²)	L_0 (mm)	P (N)	ΔL (mm)	σ_t (MPa)	ϵ_t (%)	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
D 0	75	170	1675,8	9,7	22,344	2,765	33,189	5,706	0,808
D 2	75	170	2332,4	4,7	31,099	2,765	31,099	2,765	1,125
D 3	75	170	2224,6	6,3	29,661	3,706	29,661	3,706	0,800
Rata-Rata							31,316	4,059	0,911
Fraksi Berat Serat 5 %, Perendaman Air Laut 4 Jam									
No.	A_0 (mm ²)	L_0 (mm)	P (N)	ΔL (mm)	σ_t (MPa)	ϵ_t (%)	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
E 0	75	170	1332,8	4,3	17,771	2,529	17,771	2,529	0,703
E 1	75	170	1274,0	4	16,987	2,353	16,987	2,353	0,722
E 2	75	170	1568,0	5,9	17,248	2,588	20,907	3,471	0,666
Rata-Rata							18,555	2,784	0,697
Fraksi Berat Serat 7,5 %, Perendaman Air Laut 4 Jam									
No.	A_0 (mm ²)	L_0 (mm)	P (N)	ΔL (mm)	σ_t (MPa)	ϵ_t (%)	σ (MPa)	ϵ (%)	E(GPa)
F 0	75	170	1734,6	4,6	23,128	2,706	23,128	2,706	0,855
F 1	75	170	1646,4	3,9	21,952	2,294	21,952	2,294	0,957
F 3	75	170	1646,4	4,3	21,952	2,529	21,952	2,529	0,868
Rata-Rata							22,344	2,510	0,893

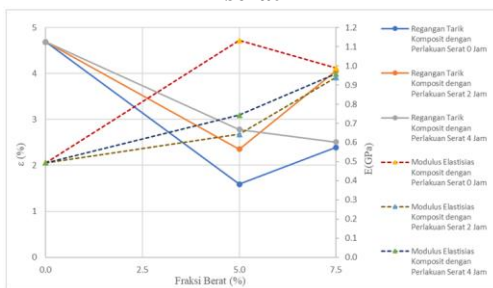
Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 1, didapatkan grafik kekuatan tarik dan modulus elastisitas terhadap fraksi berat pada gambar 6 dan grafik kekuatan tarik dan modulus elastisitas terhadap waktu perendaman serat pada air laut pada gambar 7. Serta didapatkan grafik regangan tarik dan modulus elastisitas terhadap fraksi berat pada gambar 8 dan grafik regangan tarik dan modulus elastisitas terhadap waktu perendaman serat pada air laut pada gambar 9.



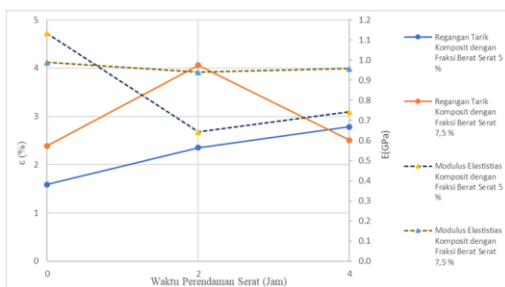
Gambar 6. Grafik sifat kekuatan tarik dan modulus elastisitas terhadap fraksi berat serat



Gambar 7. Grafik sifat kekuatan tarik dan modulus elastisitas terhadap waktu perendaman serat



Gambar 8. Grafik sifat regangan tarik dan modulus elastisitas terhadap fraksi berat serat



Gambar 9. Grafik sifat regangan tarik dan modulus elastisitas terhadap waktu perendaman serat

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara kekuatan tarik dan modulus elastisitas terhadap fraksi berat serat. Penurunan kekuatan tarik pada komposit fraksi berat 5% perlakuan perendaman serat 0 jam dan 4 jam diakibatkan oleh ikatan antara matriks dan serat yang kurang baik. Salah satu indikator ikatan antara serat

dan matriks yang kurang baik ditandai dengan terdapatnya serat yang tidak terikat dengan matriks ataupun serat dengan struktur yang rusak sehingga menghasilkan *fiber pull-out*. Pada foto makro patahan komposit dapat diamati juga terjadinya *overload*, dimana *overload* merupakan patahan dari serat yang berhasil terikat dengan matriks dan letaknya sejajar dengan arah dari gaya tarik. *Overload* sangat berpengaruh pada nilai kekuatan tarik yang dihasilkan, oleh karena itu peningkatan fraksi berat akan berpengaruh pada rasio *overload* yang terjadi dan akan meningkatkan nilai kekuatan tarik komposit. Komposit dengan perlakuan perendaman serat 2 jam memiliki ikatan terbaik antara matriks dan serat dibandingkan dengan komposit dengan perlakuan serat 0 jam dan 4 jam. Pada fraksi berat 0 % diperoleh rata-rata nilai kekuatan tarik sebesar 19,82 MPa, Nilai terendah kekuatan tarik terdapat pada fraksi berat serat 5% perendaman serat 0 jam dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 16,20 MPa, meningkat pada fraksi berat 7,5% dengan nilai rata-rata 27,79 MPa. Perendaman serat 2 jam memiliki kekuatan tarik tertinggi disetiap fraksi. Fraksi berat 5% perendaman serat 2 jam diperoleh rata-rata nilai kekuatan tarik sebesar 20,65 MPa, dan fraksi berat 7,5% diperoleh kekuatan tarik maksimum dengan rata-rata sebesar 31,32 MPa. Pada perendaman serat 4 jam, fraksi berat 5% perendaman 4 jam didapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 18,56 MPa, dan pada fraksi berat 7,5% diperoleh nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 22,34 MPa.

Gambar 8 pada fraksi berat serat 0% memiliki nilai rata-rata regangan tertinggi sebesar 4,69 %. Pada perendaman 0 jam diperoleh nilai rata – rata regangan terendah komposit sebesar 1,59% Pada fraksi berat 5% dan pada fraksi berat 7,5 % diperoleh regangan dengan nilai rata-rata 2,39 %. Pada perendaman 2 jam diperoleh nilai rata-rata regangan sebesar 2,35 % dan meningkat dengan nilai rata-rata 4,06 % pada fraksi berat 7,5 %. Pada perendaman 4 jam diperoleh nilai rata-rata regangan sebesar 2,78% dan menurun dengan nilai rata-rata 2,51% pada fraksi berat 7,5 %.

Berdasarkan gambar 6, modulus elastisitas terendah diperoleh pada fraksi berat 0 % dengan nilai rata-rata 0,49 GPa. Pada perendaman 0 jam diperoleh nilai rata – rata modulus elastisitas tertinggi senilai 1,13 GPa Pada fraksi berat 5% dan menurun dengan nilai rata-rata sebesar 0,99 GPa pada fraksi berat 7,5 %. Pada perendaman 2 jam diperoleh nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 0,64 GPa pada fraksi berat 5% dan meningkat dengan nilai rata-rata 0,94 GPa pada fraksi berat 7,5 %. Pada perendaman 4 jam diperoleh nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 0,74 GPa pada fraksi berat 5% dan meningkat dengan nilai rata-rata 0,96 GPa pada fraksi berat 7,5%.

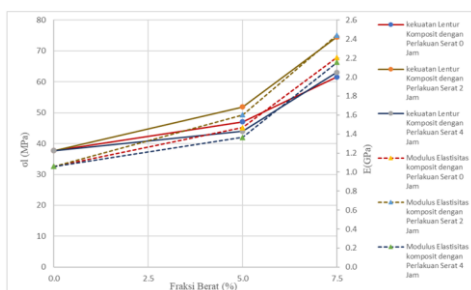
4.2. Uji Lentur

Data hasil uji lentur untuk semua perlakuan dan fraksi berat serat disajikan pada tabel 2.

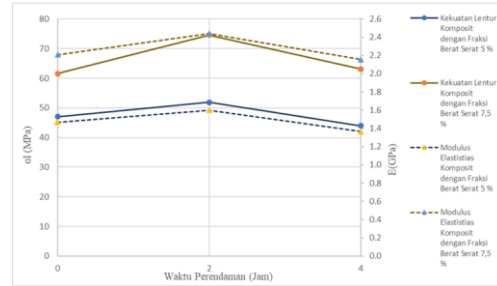
Tabel 2 Data hasil uji lentur

Pengujian Lentur Komposit									
Fraksi Berat Serat 0 %									
No.	L (mm)	b (mm)	d (mm)	P (N)	δ (mm)	m	σ (MPa)	ϵ (%)	Ei(GPa)
O 1	48	12,7	3	59,486	6,4	10,270	37,471	5,000	0,828
O 2	48	12,7	3	51,156	4,3	10,900	32,224	3,359	0,879
O 3	48	12,7	3	68,992	8,9	10,165	43,460	6,953	0,820
Rata- Rata							37,718	5,104	0,842
Fraksi Berat Serat 5 %, Perendaman Air Laut 0 Jam									
No.	L (mm)	b (mm)	d (mm)	P (N)	δ (mm)	m	σ (MPa)	ϵ (%)	Ei(GPa)
A 0	48	12,7	3	73,843	4,8	13,595	46,515	3,750	1,096
A 1	48	12,7	3	68,992	5,4	10,615	43,460	4,219	0,856
A 4	48	12,7	3	81,095	4,5	15,082	51,083	3,516	1,216
Rata- Rata							47,019	3,828	1,056
Fraksi Berat Serat 7,5 %, Perendaman Air Laut 0 Jam									
No.	L (mm)	b (mm)	d (mm)	P (N)	δ (mm)	m	σ (MPa)	ϵ (%)	Ei(GPa)
B 0	48	12,7	3	98,490	3,8	21,887	62,041	2,969	1,765
B 1	48	12,7	3	91,826	3,7	21,980	57,843	2,891	1,772
B 2	48	12,7	3	102,802	3,8	22,104	64,757	2,969	1,782
Rata- Rata							61,547	2,943	1,773
Fraksi Berat Serat 5 %, Perendaman Air Laut 2 Jam									
No.	L (mm)	b (mm)	d (mm)	P (N)	δ (mm)	m	σ (MPa)	ϵ (%)	Ei(GPa)
C 1	48	12,7	3	82,369	5,9	16,654	51,886	4,609	1,343
C 2	48	12,7	3	81,830	5,3	12,566	51,546	4,141	1,013
C 3	48	12,7	3	82,761	4,8	14,212	52,133	3,750	1,146
Rata- Rata							51,855	4,167	1,167
Fraksi Berat Serat 7,5 %, Perendaman Air Laut 2 Jam									
No.	L (mm)	b (mm)	d (mm)	P (N)	δ (mm)	m	σ (MPa)	ϵ (%)	Ei(GPa)
D 0	48	12,7	3	118,090	4,2	22,092	74,387	3,281	1,781
D 2	48	12,7	3	128,870	5,4	19,941	81,178	4,219	1,608
D 4	48	12,7	3	108,094	4,9	18,635	68,091	3,828	1,503
Rata- Rata							74,552	3,776	1,631
Fraksi Berat Serat 5 %, Perendaman Air Laut 4 Jam									
No.	L (mm)	b (mm)	d (mm)	P (N)	δ (mm)	m	σ (MPa)	ϵ (%)	Ei(GPa)
E 0	48	12,7	3	75,852	5,8	12,384	47,781	4,531	0,999
E 1	48	12,7	3	68,355	5,7	11,067	43,058	4,453	0,892
E 2	48	12,7	3	65,268	4,9	12,404	41,114	3,828	1,000
Rata- Rata							43,984	4,271	0,964
Fraksi Berat Serat 7,5 %, Perendaman Air Laut 4 Jam									
No.	L (mm)	b (mm)	d (mm)	P (N)	δ (mm)	m	σ (MPa)	ϵ (%)	Ei(GPa)
F 1	48	12,7	3	95,305	3,7	20,977	60,035	2,891	1,691
F 2	48	12,7	3	101,626	4,5	18,957	64,016	3,516	1,529
F 3	48	12,7	3	103,390	4,1	21,023	65,128	3,203	1,695
Rata- Rata							63,060	3,203	1,638

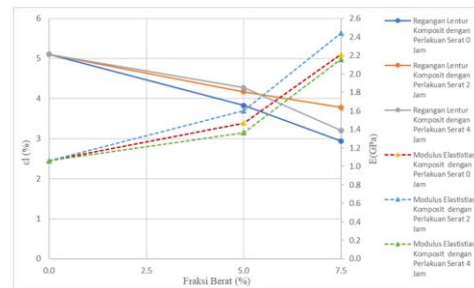
Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 2, didapatkan grafik kekuatan lentur dan modulus elastisitas terhadap fraksi berat pada gambar 10 dan grafik kekuatan lentur dan modulus elastisitas terhadap waktu perendaman serat pada air laut pada gambar 11. Serta didapatkan grafik regangan lentur dan modulus elastisitas terhadap fraksi berat pada gambar 12 dan grafik regangan lentur dan modulus elastisitas terhadap waktu perendaman serat pada air laut pada gambar 13.



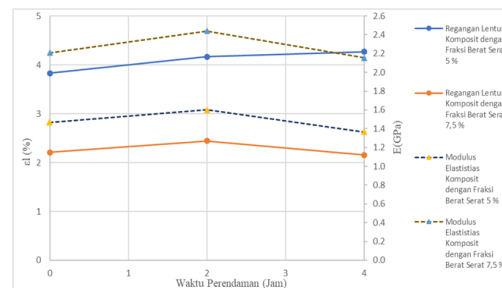
Gambar 10. Grafik sifat kekuatan lentur dan modulus elastisitas terhadap fraksi berat serat



Gambar 11. Grafik sifat kekuatan lentur dan modulus elastisitas terhadap waktu perendaman serat



Gambar 12. Grafik sifat regangan lentur dan modulus elastisitas terhadap fraksi berat serat



Gambar 13. Grafik sifat regangan lentur dan modulus elastisitas terhadap waktu perendaman serat

Berdasarkan gambar 10, kekuatan lentur komposit meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi berat serat. Nilai kekuatan lentur rata-rata terendah terdapat di fraksi berat serat 0 % senilai 37,72 MPa. Pada perendaman serat 0 jam didapatkan nilai rata-rata 47,02 MPa pada fraksi berat 5% dan meningkat menjadi 61,57 MPa pada fraksi berat 7,5 %. Pada perendaman serat 2 jam didapat nilai kekuatan lentur sebesar 51,86 MPa pada fraksi berat 5% dan nilai kekuatan maksimum komposit pada fraksi berat 7,5% sebesar 74,55 MPa. Pada perendaman fraksi berat 4 jam didapat penurunan nilai rata-rata dibandingkan dengan perendaman 0 jam pada fraksi berat 5 % dan perendaman serat 2 jam pada fraksi berat 5% dan 7,5%. Pada fraksi berat 5 % perendaman serat 4 jam didapat nilai rata-rata sebesar

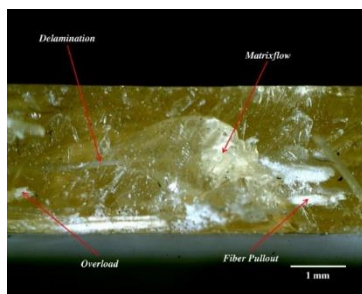
43,98 MPa dan meningkat menjadi 63,06 MPa pada fraksi berat 7,5 % perendaman serat 4 jam.

Berdasarkan gambar 12, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan regangan seiring dengan penambahan fraksi berat pada setiap variasi perendaman serat. pada komposit dengan 0 % serat memiliki regangan yang paling tinggi dengan nilai 5,10 %. Untuk perendaman 0 jam didapatkan hasil 3,83 % pada fraksi berat 5 % dan menurun pada fraksi berat 7,5 % dengan nilai 2,94 % yang merupakan regangan terendah. Pada perendaman 2 jam didapatkan hasil dengan nilai 4,17 % dan menurun pada fraksi berat 7,5% dengan nilai 3,78 %. Pada perendaman 4 jam didapatkan hasil dengan nilai 4,27 % dan menurun pada fraksi berat 7,5% dengan nilai 3,203 %.

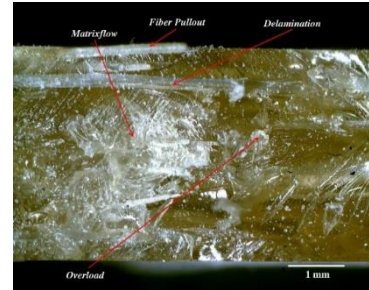
Berdasarkan gambar 10, nilai rata-rata modulus elastisitas meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi berat. Hal ini disebabkan oleh peningkatan rasio tegangan lentur terhadap regangan lentur. Fraksi berat 0 % serat memiliki modulus elastisitas terendah senilai 1,06 GPa. Pada variasi perendaman 0 jam, fraksi berat 5% menghasilkan modulus elastisitas sebesar 1,47 GPa dan meningkat pada fraksi berat 7,5% menjadi 2,21 GPa. Untuk variasi perendaman 2 jam, fraksi berat 5% menghasilkan modulus elastisitas sebesar 1,60 GPa dan meningkat pada fraksi berat 7,5% menjadi 2,44 GPa. Untuk variasi perendaman 4 jam, fraksi berat 5% menghasilkan modulus elastisitas sebesar 1,37 GPa dan meningkat pada fraksi berat 7,5% menjadi 2,16 GPa.

4.3. Pengamatan Foto Makro Patahan

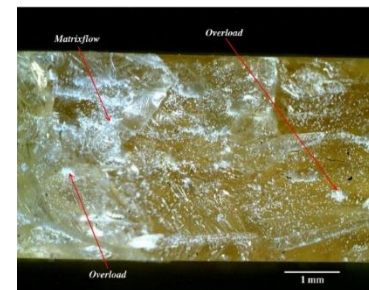
Dilakukan pengambilan data foto makro dari hasil patahan spesimen uji komposit. Adapun hasil foto makro sebagai berikut :



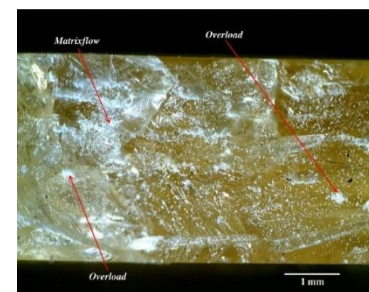
Gambar 14 Foto Makro Patahan Komposit Fraksi berat 5% perendaman serat 0 jam



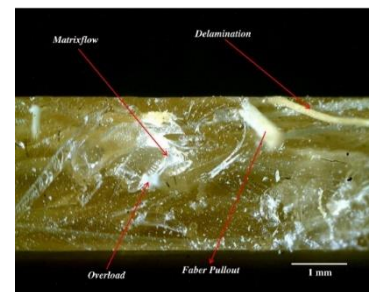
Gambar 15 Foto Makro Patahan Komposit Fraksi berat 7,5% perendaman serat 0 jam



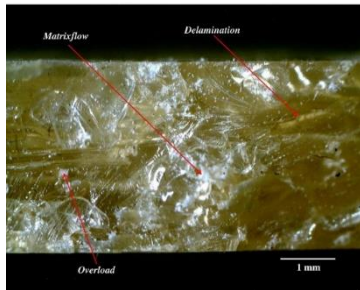
Gambar 16 Foto Makro Patahan Komposit Fraksi berat 5% perendaman serat 2 jam



Gambar 17 Foto Makro Patahan Komposit Fraksi berat 7,5% perendaman serat 2 jam



Gambar 18 Foto Makro Patahan Komposit Fraksi berat 5% perendaman serat 4 jam

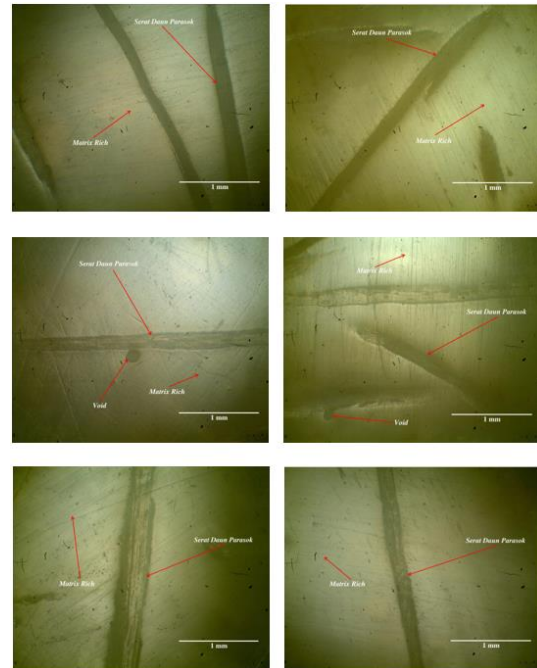


Gambar 19 Foto Makro Patahan Komposit Fraksi berat 7,5% perendaman serat 4 jam

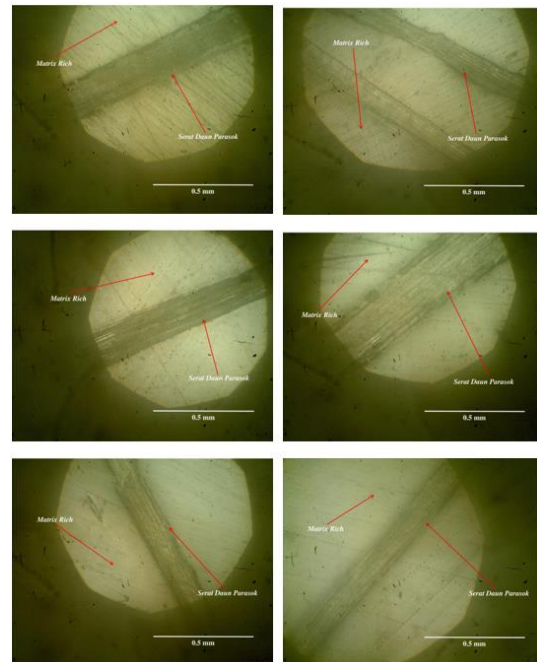
Berdasarkan pada gambar 14, patahan pada komposit dengan perendaman serat selama 0 jam fraksi berat 5 % didominasi oleh matriks flow sebesar 44,76%. Hal tersebut diakibatkan oleh kurangnya serat pada area patahan serta terdapat beberapa delaminasi yang ditimbulkan karena orientasi serat acak. pada gambar 15, komposit fraksi berat 7,5% dengan perendaman 0 jam didominasi oleh matriks flow sebesar 34,22%. Delaminasi yang timbul lebih banyak dibandingkan pada fraksi berat 5%, tetapi memiliki lebih sedikit *fiber pull-out* dan lebih banyak *overload*. Pada gambar 16, komposit fraksi berat 5% dengan perendaman 2 jam didapat matriks flow sebesar 7,92%. pada gambar 17, komposit fraksi berat 7,5 % didapat matriks flow sebesar 44,39 %. Untuk gambar 18, komposit fraksi berat 5% perendaman serat 4 jam didapat matriks flow sebesar 26,31 %. Pada gambar 19, komposit fraksi berat 7,5% perendaman serat 4 jam didapat matriks flow sebesar 48,23%. Pengamatan hasil patahan menyatakan bahwa perendaman serat optimal adalah perendaman serat 2 jam. Hal ini dinyatakan oleh tidak adanya *fiber pull-out* dan terjadinya *overload* yang lebih banyak dibandingkan variasi lainnya. Untuk Perendaman serat 0 jam komposit memiliki ikatan cross-linking yang kurang baik sedangkan perendaman serat 4 jam serat mulai terdegradasi sehingga serat menjadi rapuh dan tidak dapat berikatan dengan baik.

4.4. Pengamatan Mikro Permukaan

Dilakukan pengambilan data foto mikro permukaan dari spesimen uji komposit. Adapun hasil foto mikro sebagai berikut :



Gambar 20. Hasil foto mikro permukaan komposit dengan perbesaran 40×



Gambar 21. Hasil foto mikro permukaan komposit dengan perbesaran 100×

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik tertinggi terjadi pada fraksi berat serat 7,5% dan perendaman serat selama 2 jam dengan nilai rata – rata

tegangan tarik sebesar 31,32 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah terjadi pada fraksi berat serat 5% perendaman serat 0 jam (tanpa perendaman) dengan nilai rata – rata tegangan tarik sebesar 16,20 MPa.

2. Nilai kekuatan lentur tertinggi terjadi pada fraksi berat serat 7,5% dan perendaman serat 2 jam dengan nilai rata – rata tegangan lentur sebesar 74,55 MPa, sedangkan kekuatan lentur terendah terjadi pada fraksi berat serat 0% (resin murni) dengan nilai rata – rata tegangan lentur sebesar 37,72 MPa

Daftar Pustaka

- [1] Djamil, S., Sobron Y Lubis, & Hartono., 2014, *Kekuatan Tarik Komposit Matrik Polimer Berpenguat Serat Alam Bambu Gigantochloa Apus Jenis Anyaman Diamond Braid dan Plain Weave*
- [2] Suryawan, I. G. P. A., Suardana, N., Suarsana, I. K., Lokantara, I. P., & Lagawa, I. K. J., 2019, *Kekuatan Tarik dan Lentur pada Material Komposit Berpenguat Serat Jelatang*, Jurnal Energi Dan Manufaktur, Vol12, No.1.
- [3] Budhi Santoso, A., 2007, *Pengaruh Perlakuan Kimia Pada Serat Widuri (Calotropis Gigantea) Terhadap Sifat Mekanis Komposit The Effects Of Chemical Treatment On Widuri (Calotropis Gigantea) Fiber To Mechanical Properties.*
- [4] Susanto, J., Seputro, H., & Santoso, E., 2016, *Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Dan Waktu Aging Pada Perlakuan Panas T6 Terhadap Struktur Mikro*. 01(02), 227–238.
- [5] Wambua, P., I., & J., V., 2003, *Natural Fibres: Can They Replace Glass In Fiber Reinforced Plastics? Composites Science Technology*
- [6] Jones, G., 1975, *Front Matter*. In Joanna Russ, <https://doi.org/10.5406/j.ctvnwbxjm.1>
- [7] Thakur, V. K., Gupta, R., & Thakur, M. K., 2017, *Hybrid Polymer Composite Materials: Processing*,
- [8] Czarnecki, L., 2018, *Polymer-Concrete Composites for the repair of concrete structures*. MATEC Web of Conferences, 199. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819901006>
- [9] Frederick, J. E. . 2008, *Principles of Atmospheric Science*



Ida Bagus Putu Purwadnyana

Menyelesaikan pendidikan S1 di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bali. Dari tahun 2016 hingga 2020 dengan skripsi yang berjudul “Pengaruh fraksi berat dan waktu perendaman serat pada air laut terhadap kekuatan tarik dan kekuatan lentur komposit epoxy serat praksok (*cordyline australis*)”.

Topik yang diminati adalah topik yang berhubungan dengan teknik mesin, rekayasa manufaktur, dan material