

Pengaruh Orientasi Arah Serat Terhadap Kekuatan *Bending* Komposit *Epoxy* Berpenguat Serat Sisal Yang Dicitak Dengan Metode *Hand Lay Up*

Canegio Nazareto Rodriguês, I Putu Lokantara, dan I Made Astika
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

Abstrak

Komposit memiliki keunggulan yang bobotnya lebih ringan, tahan terhadap korosi, kokoh, dan biaya yang lebih terjangkau. Salah satu serat alam yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan komposit adalah serat sisal. Serat sisal sering digunakan sebagai penguat komposit karena memiliki kekuatan mekanik yang sangat baik dan ketersediaan yang melimpah. Pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan komposit epoxy yang berpenguat serat sisal, dengan variasi orientasi serat berbeda-beda seperti, 0°, 90°, 0° dan 90°, serta 45° dan 135°. Metode pengujian yang diterapkan meliputi uji bending 3 (three) point berdasarkan ASTM D790-03 dan uji SEM (Scanning Elektron Microscopy). Berdasarkan hasil uji bending, komposit dengan arah serat sisal 0° menunjukkan kekuatan tegangan bending maksimum rata-rata 53.87088 Mpa. Sedangkan konfigurasi arah serat 90° memberikan nilai tegangan bending terendah yaitu 46.52351 Mpa. Dalam regangan orientasi arah serat sisal 0° dan 90° mencapai nilai rata-rata tertinggi 3.33% dan nilai terendah 2.86% pada orientasi arah serat 90°. Pada modulus elastisitas orientasi arah serat 90° memiliki kekakuan tertinggi 2.049 Gpa, sedangkan arah orientasi serat 0° dan 90° menunjukkan nilai terendah 1.162 Gpa.

Kata Kunci : Komposit, Serat Sisal, Orientasi Serat, Metode Hand Lay Up, Uji Bending.

Abstract

Composite offer advantages such as lightweight properties, corrosion resistance, durability, and affordability. One natural fiber that can be utilized in composite manufacturing is sisal fiber. Sisal fiber is commonly used as a composite reinforcement due to its excellent mechanical strength and abundant availability. This study was conducted using sisal fiber-reinforced epoxy composites with varying fiber orientations, 0°, 90°, 0° and 90°, 45° and 135°. The testing method applied included a (3) three-point bending test based on ASTM D790-03 and (Scanning Electron Microscopy) (SEM) test. Based on the bending test results, the composite with 0° sisal fibre orientation exhibited the highest average maximum bending stress of 53.87088 Mpa. In contrast, the 90° fiber orientation configuration yielded the lowest bending stress value of 46.52351 Mpa. In terms of strain, the 0° and 90° sisal fiber orientation achieved the highest average value of 3.33%, while the lowest value of 2.86% was observed in the 90° fiber orientation. For elastic modul, the 90° fiber orientation showed the lowest value of 1.162 Gpa.

Keywords: Composite, Sisal Fiber, Fiber Orientation, Method Hand Lay Up, Bending Test.

1. Pendahuluan

Komposit memiliki sifat yang beragam tergantung pada komponen penyusunnya, volume, dan susunannya. Keunggulan komposit antara lain ringan, tahan korosi, kuat, dan ekonomis. Serat sisal merupakan serat alam yang cocok sebagai penguat komposit karena kekuatan mekaniknya yang baik dan ketersediaannya yang melimpah, terutama di wilayah kering seperti Indonesia Timur. Menurut [1], serat sisal kuat dan dapat tumbuh di lahan kritis. Kekuatan komposit juga dipengaruhi oleh perlakuan alkali, jenis matriks, dan faktor lainnya.

Perlakuan alkali berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit, terutama kekuatan bending. [2] menyatakan bahwa perlakuan NaOH 5% selama 4 jam pada suhu 70°C dapat meningkatkan ikatan antara serat dan matriks

Korespondensi: Tel./Fax.: 081236328921
E-mail: lokantara@unud.ac.id

dengan menghilangkan lignin dan hemiselulosa. Hasilnya, komposit yang diperlakukan alkali memiliki kekuatan tarik dan dampak lebih baik dibandingkan yang tidak diperlakukan. Selain itu, jenis matriks dan orientasi serat juga menjadi faktor penting dalam menentukan kekuatan komposit.

Komposit serat sisal telah disempurnakan untuk berbagai aplikasi di industri otomotif, termasuk inner panel, seat back, dan komponen lainnya [3]. Penggunaan serat sisal diharapkan mampu menjadi alternatif menarik dalam pembuatan dashboard mobil. Dalam tahap pembuatan komposit agar dapat diaplikasikan sebagai benda atau peralatan yang bermanfaat bagi kehidupan, dibutuhkan serangkaian pengujian yang dilakukan guna memastikan bahwa komposit serat sisal yang digunakan tahan lama dan tidak mudah rusak. Salah satu pengujian yang dapat

dilakukan yaitu pengujian bending..

Pengujian *bending* yang dilakukan oleh [1] menunjukkan bahwa pada fraksi volume 25%, mengalami peningkatan hingga 35%. Namun, terjadi penurunan pada fraksi volume 40% dan 45%. Penurunan pada fraksi volume di atas 35%, seperti pada 40% dan 45%, disebabkan oleh meningkatnya fraksi volume serat, yang berarti semakin banyak serat dalam komposit, kekuatan *bending* menjadi lebih lemah karena komposit hanya bertumpu pada serat.

Berdasarkan latar belakang yang telah di jelaskan, penulis akan melakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis kekuatan *bending* pada komposit epoxy dengan variasi orientasi arahserat sisal. Dengan menggunakan metode *hand lay up* dan fraksi serat sisal sebesar 25%, serta arah orientasi serat dalam komposit 01(horizontal), 90° (vertical), 0° + (bertempuk), dan 45° + 135° (diagonal), sehingga diharapkan mampu mendapatkan hasil yang optimal.

2. Dasar Teori

2.1 Komposit

Komposit merupakan material paduan dari suatu bahan untuk menghasilkan material baru. Komposit juga merupakan material multifase karena dibuat dengan tujuan menunjukkan kombinasi sifat yang baik dari setiap material komponen-komponennya, sehingga terbentuklah material yang baru yang memiliki sifatnya lebih baik dari materialpembentuknya [4]. kombinasi sifat fisik masing-masing material dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun.

2.2 Tanaman Sisal



Gambar 1. Komposit

Tanaman sisal, dengan nama latin *Agave Sisalana*, merupakan salah satu jenis serat alam yang digunakan sebagai penguat dalam komposit. Tanaman ini berasal dari Meksiko bagian Selatan dan kini tersebar luas di hampir seluruh dunia, terutama di daerah-daerah kering. Brasil merupakan produsen terbesar tanaman sisal [5]. Namun, tanaman sisal juga dapat tumbuh subur di luar wilayah tersebut, seperti yang terjadi di Indonesia. Tanaman sisal dapat menghasilkan 200-250 helai daun, dengan setiap helainya mengandung 1000-1200 untai serat. Serat ini memiliki kandungan sebesar 4%, sedangkan kutikula sekitar 0,75%, dengan 8% materi kering dan

sisaannya, sekitar 87,25%, adalah air [5].

2.1 Perlakuan NaOH



Gambar 2. Serat Sisal

Perlakuan kepada serat dengan menggunakan NaOH yang dimana dilakukan untuk menghilangkan lapisan lignin pada permukaan serat sisal yangbertujuan untuk memperkuat ikatan antara permukaan serat sisal dengan matriks yang digunakan. Pada penelitian ini, perendaman serat pada NaOH akan dilakukan selama 2 jam dengan menggunakan NaOH 5%. Perendaman serat pada NaOH selama 2 jam dikarenakan apabila terlalu lama direndam maka akan terjadi kerusakan pada serat tersebut [2]



Gambar 3. NaOH

2.3 Matriks (Resin)

Matriks memiliki fraksi volume terbesar dibandingkan dengan bagian lainnya. Pada umumnya, matriks memiliki kekuatan dan juga kekakuan yang rendah. Matriks berfungsi sebagai penyalur tegangan kepada serat, melindungi serat, memisahkan serat, membentuk ikatan koheren dan juga menjaga komposit agar tetap stabil setelah proses manufaktur. Pada penelitian ini, penulis menggunakan matriks epoxy dikarenakan penggunaan matriks epoxy baik tanpa treatment maupun dengan treatment akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar daripada serat sisal dengan matriks polyester [3]. Berikut merupakan tabel perbandingan sifat komposit serat sisal dengan kedua matriks



Gambar 4. Epoxy

3. Metode penelitian

3.1 Alat

1. Alat cetak : Akrilik.
2. Alat ukur : Penggaris, Timbangan, gelas ukur, jangka sorong, Stopwatch, dan piknometer.
3. Alat bantu : Gunting, pengaduk, gerinda, sendok pengaduk elektik, penjepit, selotip, dan amplas
4. Alat pembersih : Tisu, kain, dan kapi
5. Alat uji Uji Bending Tensilon ASTM D790-03

3.2. Bahan

1. Resin epoxsy
2. Serat Sisal
3. NaOH
4. Acetone
5. Sealenent

3.3. Diagram alir penelitian



Gambar 5. Diagram Alir

3.4. Metode Uji

Uji Pengamatan Foto Mikro digunakan untuk mengetahui morfologi dari komposit yang dibuat dan Uji Bending digunakan untuk mendapatkan hasil kekuatan lentur (bending), tegangan bending, regangan dan modulus bending, langkah langkah pengujian seperti berikut:

1. Studi literatur.
2. Pembuatan spesimen komposit.
3. Pengujian (Uji SEM dan Uji Bending ASTM D709-03)
4. Pengambilan data.
5. Penulisan hasil dan kesimpulan

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui Data hasil pengujian diambil sejak awal proses penimbangan massa serat hingga pencetakan spesimen menggunakan variasi arah serat 0°, 90°, 0° dan 90° serta 45° dan 135° dengan perlakuan NaoH 5%. Meliputi persiapan hingga pada proses pengujian bending.

4.1 Uji Bending

Data hasil uji bending merupakan hasil dari pengujian komposit resin, serat sisal berpenguat epoxy dan hardener yang dilakukan di Lab Mekanika Material, Teknik Mesin, Universitas Udayana. Pengujian ini menggunakan ASTM D790-03 dengan alat uji mekanik Tensilon RTG 1250. Dalam pengujian ini dilakukan pengulangan sebanyak 3x (tiga kali) dengan total setiap variasi spesimen uji adalah 12.

Tegangan Lentur:

Variasi 0°

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$\sigma = \frac{(3) \times (93.99608N) \times (48mm)}{(2) \times (12,7mm) \times (3mm)^2}$$

$$\sigma = 59.21013 \text{ Mpa}$$

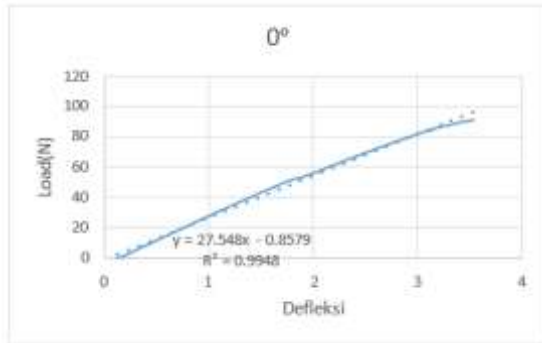
Regangan Lentur

Variasi 0°

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{6\delta \cdot d}{L} \\ \varepsilon &= \frac{(6) \times (3.6915) \times (3 \text{ mm})}{48 \text{ mm}^2} \\ &= 0.028839 \text{ mm} \times 100\% \\ &= 2.88\%\end{aligned}$$

Modulus Elastisitas

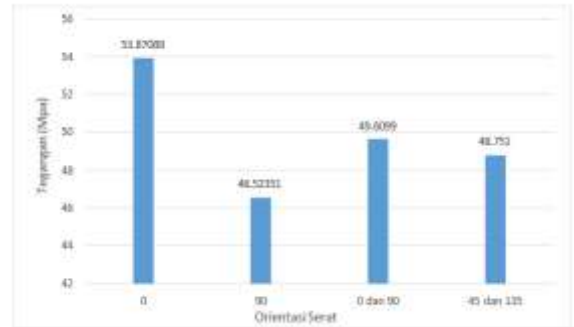
Variasi 0°



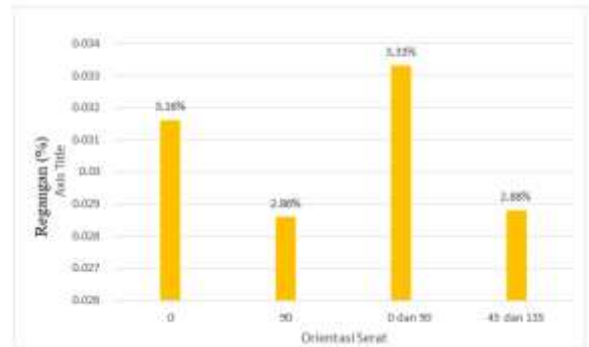
Gambar 6. Grafik Load-Defleksi

$$\begin{aligned}E &= \frac{L^3 m}{4bd^3} \\ E &= \frac{(48 \text{ mm})^3 \times (27.548)}{4 \times (12.7 \text{ mm}) \times (3 \text{ mm})^3} \\ &= 2221,193 \text{ Mpa} \\ &= 2.221 \text{ GPa}\end{aligned}$$

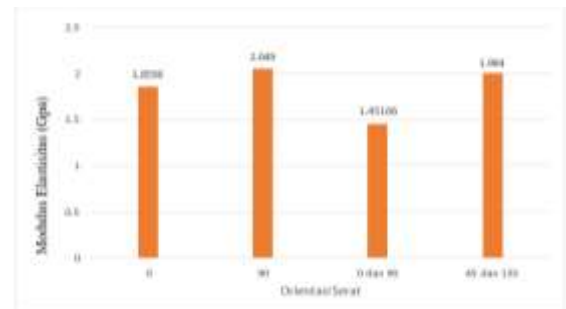
NO	Orientasi serat Sifat	Tegangan σ (MPa)	Regangan ε (%)	Modulus Elastisitas (GPa)
1	0°	59.21013	2.88	2.221
		57.5074	2.70	2.108
		44.8951	3.90	1.238
	Rata-Rata	53.87088	3.16	1.8556
2	90°	48.5026	2.87	2.037
		45.6094	3.23	2.151
		45.45854	2.48	1.959
	Rata-Rata	46.52351	2.86	2.049
3	0° + 90°	54.0913	3.52	1.799
		50.4612	4.00	1.394
		44.2772	2.48	1.162
	Rata-Rata	49.6099	3.33	1.4516
4	45° + 135°	49.3787	3.16	1.801
		48.12998	2.35	2.345
		48.77112	3.12	1.806
			Rata-Rata	48.751



Gambar 7. Grafik Tegangan

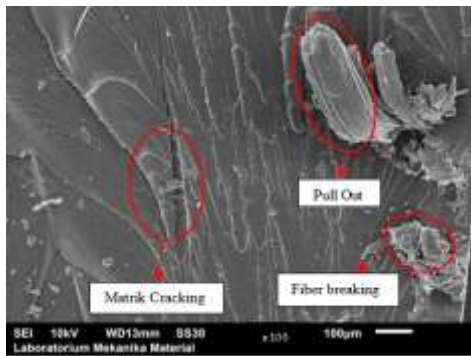


Gambar 8. Grafik Regangan

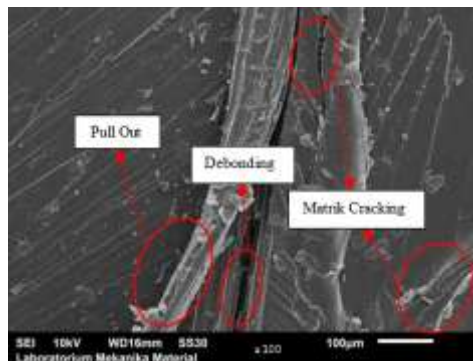


Gambar 9. Modulus Elastisitas

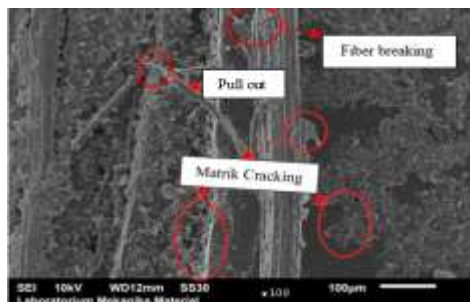
4.2 Hasil Foto Makro



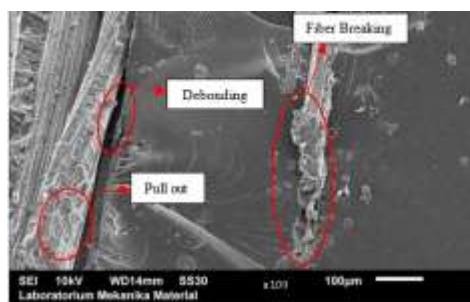
Gambar 10. Uji Lentur Variasi 0°



Gambar 11. Uji Lentur Variasi 90°



Gambar 12. Uji Lentur Variasi 0°+90°



Gambar 13. Uji Lentur Variasi 45°+135°

4.3 Hasil Dan Pembahasan

Pada gambar 6–9, terlihat hubungan antara tegangan, regangan dan modulus elastisitas setelah dilakukannya pengujian bending komposit epoxy berpenguat serat sisal dengan tegangan bending tertinggi yang didapatkan yaitu pada spesimen

orientasi 0° sebesar 53.87088, sedangkan nilai terendah terdapat pada spesimen dengan orientasi 90° dengan nilai sebesar 46.52351. Dari grafik tegangan bending diatas, dapat dilihat bahwa variasi orientasi arah serat dapat

Gambar hasil uji SEM yang di atas menunjukkan berbagai fenomena yang diamati pada setiap variasi spesimen setelah uji SEM. Fenomena yang teridentifikasi dalam hasil uji SEM meliputi adanya, *matriks cracking*, *fiber breaking*, *debonding*, dan *pullout*.

Pada spesimen dengan variasi arah serat 0° memiliki serat yang disusun sejajar atau longitudinal dengan arah panjang spesimen, membuat spesimen dapat menyerap energi dengan maksimal dikarenakan ikatan antara matriks dengan serat yang kuat. Hal ini didukung oleh hasil pengujian bending yang dimana variasi arah serat 0° memiliki nilai tegangan terbesar dan juga didukung pula oleh hasil pengujian SEM dimana terdapat fiber breaking, matrik cracking dan juga pullout secara maksimal, sehingga menurunnya kekuatan bending yang dihasilkan. Hal tersebut terjadi karena serat yang seharusnya berfungsi sebagai penguat komposit tidak dapat bekerja dengan baik dikarenakan ikatan antara matriks dan juga serat tidak kuat. Hal ini dibuktikan dengan adanya pullout yang cukup lebar debonding dan juga matrik cracking. Debonding terjadi ketika serat terlepas dari ikatannya dengan matriks akibat adanya gaya tarik yang diterapkan pada ujung serat [2]. Seperti yang terjadi pada arah serat 45° dan 135°.

Spesimen dengan variasi arah serat 90° memiliki nilai terendah dikarenakan variasi arah seratnya yang searah dengan arah pembebanan. Dengan arah serat yang searah dengan arah pembebanan, membuat spesimen tidak dapat menyerap energi

Lalu, pada spesimen dengan variasi arah serat 0° dan 90° memiliki fenomena yang sama seperti halnya variasi arah serat 0° dan juga arah serat 90° yaitu dengan adanya pullout, matrik cracking dan fiber breaking. Walaupun fenomena yang terjadi mirip dengan variasi arah serat 0°, hasil yang didapat setelah pengujian bending lebih kecil dikarenakan adanya variasi serat yang melintang terhadap arah pembebanan 90°.

Pada spesimen dengan variasi arah serat 45° +135° memiliki arah serat yang menyilang terhadap arah pembebanan yang dimana memiliki nilai modulus elastisitas tertinggi dari variasi lainnya. Salah satu penyebabnya yaitu, memiliki variasi arah serat yang tidak searah dengan pembebanannya. Namun dengan variasi arah serat yang menyilang, menyebabkan tingginya potensi untuk terjadinya debonding. *fiber pull out* disebabkan arah orientasi dari serat mengalami pelepasan serat pada komposit, namun matriks mengalami retak dan pecah atau yang disebut delamination [1]

Hal ini dibuktikan pada hasil SEM yang didapat dimana terdapat fenomena *pullout*, *debonding*, *matrik cracking* dan *fiber breaking*.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Orientasi serat sisal mempengaruhi kekuatan bending komposit *epoxy* berpenguat serat sisal yang dicetak dengan metode *hand lay-up* yang diperoleh
2. Terlihat pada permukaan patahan komposit epoxy berpenguat serat sisal yang dicetak dengan metode *hand lay-up*, patahan bersifat patah getas yang ditandai dengan adanya *fiber pullout*. *Fiber pullout* yang terjadi akibat perlakuan alkali yang tidak maksimal pada serat daun sisal di bagian tersebut. Kondisi ini mengakibatkan rendahnya kekuatan ikatan antara serat dan matriks selama pengujian bending, sehingga serat terlepas dari matriks

Daftar Pustaka

- [1] F. Fatkhurrohman, I. Ismail, and F. Yudhanto, Analisis Kekuatan Bending Komposit Lamina Serat Ijuk Anyam dan Serat Ijuk Acak bermatriks Polyester, *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 55–61, Dec. 2022, doi: 10.18196/jqt.v4i1.16593.
- [2] M. F. Taures, Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Pada Permukaan Serat Sisal Terhadap Peningkatan Kekuatan Ikatan Interface Komposit Serat Sisal-Epoxy, 2018.
- [3] A. Kusumastuti, Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer, *Aplikasi Serat Sisal Sebagai Komposit Polimer*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2009.
- [4] W. D. . Callister and D. G. . Rethwisch, *Materials science and engineering : an introduction*. John Wiley and Sons Australia, Ltd, 2021.
- [5] L. Berglund and R. M. Rowell, “Wood Composites 10, 2005.

	Canegio Nazareto Rodriquês Correia Menyelesaikan studi programsarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2019 sampai 2025
Bidang penelitian yang diminati yaitu RekayasaManufaktur.	