

ANALISIS KEKUATAN TARIK MATERIAL KOMPOSIT SERAT ALAM DAUN AGEL DENGAN VARIASI Matrik EPOXY DAN POLYESTER PADA ORIENTASI ARAH SERAT 0° dan 90°

Muhammad Syahrul Ramadhan, Lado Rislya Prakasa

Program Studi Teknik Dirgantara, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Institut Teknologi
Dirgantara Adisutjipto Yogyakarta
E-mail: muhamadsyahrul010297@gmail.com

Abstrak

Nilai kekuatan tarik material komposit berpenguat serat daun agel dengan variasi penggunaan jenis matrik, orientasi arah serat, dan tambahan *filler* sebagai penguat masih belum dikaji hingga saat ini. Melalui penelitian ini dilakukan pengkajian pengaruh penggunaan jenis matrik *epoxy* dan *polyester*, serta susunan orientasi arah serat 0° dan 90°, dan tambahan *filler* berupa serbuk kayu terhadap nilai kekuatan tarik material komposit berpenguat serat daun agel. Proses fabrikasi material komposit dilakukan melalui metode *hand lay-up* dengan bentuk spesimen sesuai standar ASTM D3039, kemudian uji tarik dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Adapun hasil kekuatan tarik material komposit berpenguat serat daun agel yang difabrikasi dengan matrik *epoxy* pada arah serat 0° dan 90° masing-masing adalah sebesar 9,6 MPa dan 9,2 MPa, kemudian material komposit berpenguat serat daun agel yang difabrikasi dengan matrik *polyester* pada arah serat 0° dan 90° masing-masing adalah sebesar 7,2 MPa dan 14,4 MPa.

Kata Kunci: *Epoxy dan Polyester, Kekuatan Tarik, Material Komposit, Orientasi Arah Serat 0° dan 90°, Serat Daun Agel.*

Abstract

The value of agel leaf fiber-reinforced composite material tensile strength with variations in the use of matrix types, fiber orientation, and additional filler as reinforcement has not been studied until now. Through this study, an assessment was carried out on the effect of using epoxy and polyester matrix types, as well as the orientation of the fiber direction 0° and 90°, and additional filler in the form of wood powder to the tensile strength value of the agel leaf fiber-reinforced composite material. The composite material fabrication process is carried out using the hand lay-up method with the shape of the specimen according to the ASTM D3039 standard, then the tensile test is carried out using the Universal Testing Machine (UTM). The results of the agel leaf fiber-reinforced composite material tensile strength which fabricated with an epoxy matrix in the 0° and 90° fiber directions were 9.6 MPa and 9.2 MPa respectively, then the agel leaf fiber-reinforced composite material fabricated with a polyester matrix in the fiber 0° and 90° are 7.2 MPa and 14.4 MPa, respectively.

Keywords: *Epoxy and Polyester, Tensile Strength, Composite Material, Fiber Direction 0° and 90° Agel Leaf Fiber.*

PENDAHULUAN

Material komposit merupakan hasil kombinasi dari dua macam bahan dengan sifat yang berbeda, sehingga melalui kombinasi bahan tersebut akan terbentuk material baru dengan sifat

yang lebih baik dari bahan penyusunnya. Bahan penyusun pada material komposit adalah bahan penguat (*reinforcement*) dalam bentuk serat, dan bahan pengikat dalam bentuk matrik.

Material komposit dari bahan penguat serat alam (*natural fiber composite*) terus diteliti dan dikembangkan untuk menjadi material alternatif pengganti logam dan komposit dari bahan serat sintetis. Hal ini disebabkan oleh beberapa keunggulan yang dimiliki serat alam seperti ramah lingkungan, densitas rendah, dapat didaur ulang, dapat terurai oleh alam, tidak beracun, dan biaya pengolahan bahan yang rendah.

Terdapat berbagai jenis serat alam yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat (*reinforcement*) pada material komposit, salah satunya adalah serat daun agel. Serat daun agel didapat dari pohon gebang yang habitatnya mudah ditemui pada beberapa daerah di Indonesia. Serat daun agel tergolong memiliki kemampuan yang baik dalam menahan beban, sehingga serat tersebut banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk dijadikan kerajinan tangan. Selain itu, serat daun agel juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyusun pada material komposit, hal tersebut dapat ditinjau dari banyaknya pengkajian tentang kekuatan struktur material komposit berpenguat serat daun agel. Akan tetapi, nilai kekuatan tarik material komposit berpenguat serat daun agel dengan variasi penggunaan jenis matrik, susunan orientasi arah tambahan, dan tambahan *filler* sebagai penguat masih belum dikaji hingga saat ini.

Untuk itu, melalui penelitian ini dilakukan fabrikasi material komposit dengan memanfaatkan serat daun agel sebagai bahan penguat. Melalui penelitian ini juga dilakukan pengkajian pengaruh penggunaan jenis matrik *epoxy* dan *polyester*, serta susunan orientasi arah serat 0° dan 90° , dan penambahan bahan penguat *filler* berupa serbuk kayu pada susunan orientasi arah serat 90° terhadap nilai kekuatan tarik material komposit berpenguat serat daun agel. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan kajian ilmiah terkait dengan jenis matrik dan orientasi arah serat yang tepat untuk digunakan dan memberikan nilai yang baik terhadap nilai kuat tarik material komposit berpenguat serat daun agel.

METODE

Terdapat beberapa metode pengumpulan data yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini, yaitu:

1. Studi Literatur

Melalui metode ini, penulis mengumpulkan data yang dapat dipertanggungjawabkan kevalidannya dari berbagai media cetak maupun media elektronik seperti buku teori

rujukan, jurnal penelitian sebelumnya, dan internet dengan topik penelitian yang berkaitan dengan penelitian penulis. Adapun data-data untuk kebutuhan penelitian yang didapatkan melalui metode ini adalah seperti yang ditampilkan pada tabel 1.

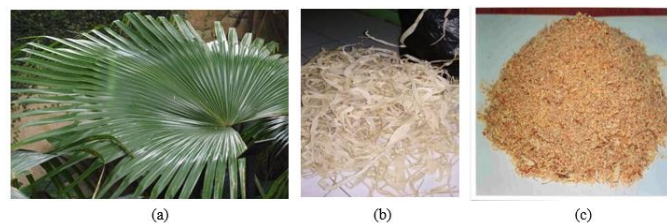
No	Jenis Data	Nilai	Tabel 1.
1.	Panjang spesimen ASTM D3039	250 mm	geometri spesimen massa bahan uji untuk kebutuhan penelitian
2.	Lebar spesimen ASTM D3039	25 mm	
3.	Tebal spesimen ASTM D3039	5 mm	
4.	Massa jenis matrik <i>epoxy</i>	$1,20 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}$	
5.	Massa jenis matrik <i>polyester</i>	$1,21 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}$	
6.	Massa jenis serat daun agel	$0,5 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}$	
7.	Massa jenis <i>hardener</i>	$0,97 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}$	

2. Eksperimen

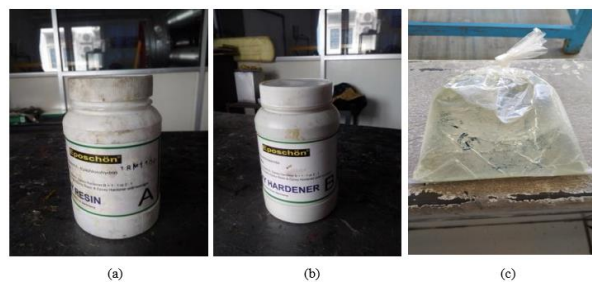
Melalui metode ini, penulis melakukan uji eksperimen untuk mendapatkan data yang digunakan sebagai bahan analisis kekuatan tarik material komposit. Adapun data untuk kebutuhan penelitian yang didapatkan melalui metode ini adalah nilai beban tarik maksimum yang dapat diterima oleh spesimen uji dan nilai luas permukaan spesimen uji.

Alat dan Bahan Uji

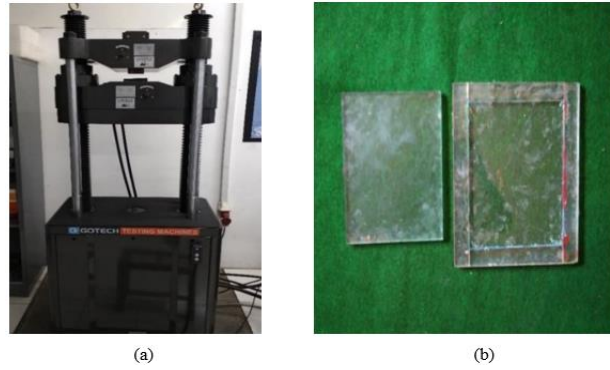
Adapun alat dan bahan uji yang digunakan untuk pelaksanaan penelitian ini adalah seperti yang ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 1. (a) Daun Pohon Gebang, (b) Serat Daun Agel, (c) Serbuk Kayu



Gambar 2. (a) Resin Epoxy, (b) Hardener, (c) Resin Polyester



Gambar 3. (a) Alat Uji Tarik *Universal Testing Machine* (UTS), (b) Cetakan Kaca

Fabrikasi Material Komposit Serat Daun Agel

Proses fabrikasi material komposit berpenguat serat daun agel dilakukan melalui metode *hand lay-up*. Adapun langkah-langkah pembuatan spesimen komposit serat alam agel adalah sebagai berikut:

1. Langkah pertama adalah memisahkan serat daun agel dengan kandungan lain seperti *lignin* melalui perlakuan NaOH sebanyak 5% dengan waktu perendaman selama 2 jam. Setelah 2 jam, serat daun agel diangkat dan dikeringkan dengan suhu kamar.
2. Langkah selanjutnya adalah menentukan massa serat dan matrik yang digunakan untuk fabrikasi spesimen uji melalui perhitungan fraksi volume berikut:

a. Volume komposit

$$\begin{aligned}
 V_k &= P \times L \times T \\
 V_k &= 25 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \\
 V_k &= 250 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Volume serat

$$\begin{aligned}
 V_s &= F_{vs} \times V_k \\
 V_s &= 5,6\% \times 250 \text{ cm}^3 \\
 V_s &= 14 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

c. Volume matrik

$$\begin{aligned}
 V_m &= F_{vm} \times V_k \\
 V_m &= 94,4\% \times 250 \text{ cm}^3 \\
 V_m &= 236 \text{ cm}^3 \\
 V_m &= V_r + V_{ka} \\
 V_r &= F_{vr} \times V_m \\
 V_r &= 75\% \times 236 \text{ cm}^3 \\
 V_r &= 177 \text{ cm}^3 \\
 V_{ha} &= F_{ka} \times V_m \\
 V_{ha} &= 25\% \times 236 \text{ cm}^3 \\
 V_{ha} &= 59 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

d. Massa matrik *epoxy*

$$\begin{aligned}
 M_m &= M_r + M_{ha} \\
 M_r &= \rho_r \times V_r \\
 M_r &= 1,20 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3} \times 177 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_r &= 212,4 \text{ gram} \\
M_{ha} &= \rho_{ka} \times V_{ka} \\
M_{ha} &= 0,97 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3} \times 59 \text{ cm}^3 \\
M_{ha} &= 57,23 \text{ gram}
\end{aligned}$$

e. Massa matrik *polyester*

$$\begin{aligned}
M_m &= M_r + M_{ha} \\
M_r &= \rho_r \times V_r \\
M_r &= 1,21 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3} \times 177 \text{ cm}^3 \\
M_r &= 214,17 \text{ gram} \\
M_{ha} &= \rho_{ka} \times V_{ka} \\
M_{ha} &= 0,97 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3} \times 59 \text{ cm}^3 \\
M_{ha} &= 57,23 \text{ gram}
\end{aligned}$$

f. Massa serat

$$\begin{aligned}
M_s &= \rho_s \times V_s \\
M_s &= 0,5 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3} \times 14 \text{ cm}^3 \\
M_s &= 7 \text{ gram}
\end{aligned}$$

3. Langkah selanjutnya adalah mencampur massa resin dengan *hardener* menggunakan wadah plastik, dan diaduk sampai rata. Proses perataan harus dilakukan secepat mungkin karena campuran resin dan *hardener* akan cepat mengeras.
4. Langkah berikutnya adalah menyiapkan cetakan kaca beserta penutupnya untuk proses fabrikasi material komposit. Selanjutnya dioleskan *molding wax* secara merata pada permukaan cetakan dan penutupnya yang akan bersentuhan dengan matriks menggunakan kain majun. Setelah dioleskan kemudian dikeringkan melalui sinar matahari, dan setelah kering langsung dilap dengan kain majun. Tujuan dari proses ini adalah untuk memudahkan pelepasan material komposit dari cetakan kaca setelah dikeringkan.
5. Langkah berikutnya adalah menyusun serat daun agel, matriks, dan *filler* yang sudah disiapkan sesuai dengan perhitungan fraksi volume. Penyusunan dilakukan menggunakan metode *hand lay-up* atau diawali dengan menuangkan dan mengoles sebagian matriks pada cetakan, kemudian dilanjutkan menyusun serat daun agel pada cetakan, dan proses penyusunan diberi tambahan *filler* hanya untuk orientasi sudut 90° pada masing-masing jenis matrik. Proses penyusunan diakhiri dengan menuangkan dan mengoles sisa sebagian matriks pada cetakan yang sudah berisi serat. Penutup diberikan pada cetakan setelah proses penyusunan matriks dan serat selesai.
6. Selanjutnya dilakukan proses pengeringan material komposit dengan suhu ruangan selama kurang lebih 24 jam.

7. Setelah kering, material komposit dapat dipisahkan dari cetakan dan penutupnya dengan bantuan alat kapi cat logam, sehingga material komposit sudah terbentuk dalam bentuk lembaran dengan ukuran sesuai volume cetakan.
8. Selanjutnya dilakukan pemotongan lembaran material komposit sesuai dengan bentuk spesimen tarik ASTM D3039 dengan ukuran panjang, lebar, dan tebal masing-masing sebesar 250 mm, 25 mm, dan 5 mm menggunakan alat gerinda.

Uji Tarik

Pada penelitian ini dilakukan pengujian tarik menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* (UTS) untuk menyimpulkan kekuatan tarik spesimen material komposit berpenguat serat daun agel. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas bahan dengan memberikan beban tarik secara vertikal. Proses uji tarik dilakukan dengan cara mengaitkan ujung bagian atas dan bawah spesimen pada alat uji, kemudian beban penarik dipasang pada satuan beban kgf, lalu spesimen ditarik dengan kecepatan tertentu dan diikuti dengan penambahan beban secara perlahan yang akan mengakibatkan pertambahan panjang yang nilainya sebanding dengan gaya yang bekerja. Kesebandingan ini menyebabkan spesimen uji mengalami pengecilan penampang setempat (*local necking*), dan pertambahan panjang terjadi hanya di sekitar area *necking* tersebut. Proses ini terus berlanjut sampai pembebanan yang diberikan pada spesimen mencapai titik kritis, sehingga material sudah tidak dapat menahan beban lagi, dan spesimen terpisah menjadi 2 bagian. Pengujian tarik harus dilakukan berdasarkan standar uji yang sudah ditetapkan, salah satunya adalah *ASTM (American Society for Testing and Materials) D 3039* yang merupakan standar uji tarik untuk material komposit dengan bahan pengikat polimer.

Semakin tinggi nilai kekuatan tarik material komposit serat daun agel menunjukkan bahwa bahan serat terikat sempurna oleh matrik, sehingga seluruh pembebanan ditanggung secara merata oleh semua serat sebagai satu kesatuan yang artinya setiap serat dalam komposit menerima beban yang sama. Hasil dari pengujian tarik melalui alat *Universal Testing Machine* (UTS) adalah nilai hubungan antara beban terhadap elongasi yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Hasil tersebut dapat di olah untuk menjadi nilai tegangan tarik melalui persamaan berikut:

- a. Tegangan Tarik

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

$$A = T \times L \quad (2)$$

- b. Regangan

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana :

- σ = Tegangan tarik (MPa)
- ε = Regangan
- F = Gaya yang bekerja terhadap permukaan spesimen (N).
- A = Luas penampang spesimen (mm^2)
- L = Lebar spesimen (mm).
- T = Tebal spesimen (mm).
- l_0 = Panjang spesimen sebelum pembebanan.
- l_1 = Panjang spesimen setelah pembebanan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kekuatan tarik material komposit berpenguat serat daun agel dilakukan melalui nilai beban tarik maksimum yang dapat diterima oleh spesimen uji dan nilai luas permukaan spesimen uji. Nilai-nilai tersebut kemudian diolah menggunakan persamaan matematis (1), (2), dan (3) untuk menyimpulkan nilai kekuatan tarik material komposit berpenguat serat daun agel. Adapun hasil dan nilai uji tarik pada masing-masing spesimen uji adalah sebagai berikut:

1. Material Komposit Berpenguat Serat Daun Agel dengan Pengikat Matrik *Epoxy*
 - a. Orientasi Arah Serat 0°



Gambar 4. Hasil Uji Tarik Material Komposit Berpenguat Serat Daun Agel Dengan Pengikat Matrik *Epoxy* Pada Orientasi Arah Serat 0°

Tabel 2. Nilai Kekuatan Tarik Material Komposit Berpenguat Serat Daun Agel Dengan Pengikat Matrik *Epoxy* Pada Orientasi Arah Serat 0°

Spesimen ke-	Epoxy 0°						
	F	A	σ	Modulus elatisitas ($\frac{Kgf}{mm^2}$)	l_0	l_1	ε
1	599,2	65	9,2	23,7	0,2	0,204	0,02

2	598,1	65	9,2	35,9	0,2	0,204	0,02
3	672,4	65	10,3	32,4	0,2	0,204	0,02
Rata-rata	623,2	65	9,6	30,7	0,2	0,204	0,02

b. Orientasi Arah Serat 90° dengan tambahan filler sebagai penguat



Gambar 5. Hasil Uji Tarik Material Komposit Berpenguat Serat Daun Agel Dengan Pengikat Matrik *Epoxy* Pada Orientasi Arah Serat 90°

Tabel 3. Nilai Kekuatan Tarik Material Komposit Berpenguat Serat Daun Agel Dengan Pengikat Matrik *Epoxy* Pada Orientasi Arah Serat 90°

Spesimen ke-	Epoxy 90°						
	F	A	σ	Modulus elatisitas ($\frac{Kgf}{mm^2}$)	l_0	l_1	ϵ
1	502,7	65	7,7	35,7	0,2	0,203	0,015
2	646,4	65	9,9	37	0,2	0,203	0,015
3	644,4	65	9,9	36,1	0,2	0,203	0,015
Rata-rata	597,8	65	9,2	36,3	0,2	0,203	0,015

2. Material Komposit Berpenguat Serat Daun Agel dengan Pengikat Matrik *Polyester*

a. Orientasi Arah Serat 0°



Gambar 6. Hasil Uji Tarik Material Komposit Berpenguat Serat Daun Agel Dengan Pengikat Matrik *Polyester* Pada Orientasi Arah Serat 0°

Tabel 4. Nilai Kekuatan Tarik Material Komposit Berpenguat Serat Daun Agel Dengan Pengikat Matrik *Polyester* Pada Orientasi Arah Serat 0°

<i>Polyester 0°</i>							
Spesimen ke-	F	A	σ	Modulus elastisitas ($\frac{Kgf}{mm^2}$)	l_0	l_1	ϵ
1	452,2	65	6,96	28,7	0,2	0,204	0,02
2	487,9	65	7,5	27,8	0,2	0,204	0,02
3	471,1	65	7,2	26,3	0,2	0,204	0,02
Rata-rata	470,4	65	7,2	27,6	0,2	0,204	0,02

b. Orientasi Arah Serat 90° dengan tambahan filler sebagai penguat



Gambar 7. Hasil Uji Tarik Material Komposit Berpenguat Serat Daun Agel Dengan Pengikat Matrik *Polyester* Pada Orientasi Arah Serat 90°

Tabel 5. Nilai Kekuatan Tarik Material Komposit Berpenguat Serat Daun Agel Dengan Pengikat Matrik *Polyester* Pada Orientasi Arah Serat 90°

<i>Polyester 90°</i>							
Spesimen ke-	F	A	σ	Modulus elastisitas ($\frac{Kgf}{mm^2}$)	l_0	l_1	ϵ
1	885,9	65	13,6	15,4	0,2	0,203	0,015
2	953,5	65	14,6	94,5	0,2	0,203	0,015
3	968,5	65	14,9	88,0	0,2	0,203	0,015
Rata-rata	936,1	65	14,4	65,9	0,2	0,203	0,015

Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan melalui tabel 2 hingga 5, dapat diketahui bahwa material komposit berpenguat serat daun agel dengan bahan pengikat matrik *polyester* pada orientasi arah serat 90° yang diberi tambahan *filler* memiliki nilai kekuatan tarik terbaik, yaitu sebesar 14,4 MPa. Hal ini disebabkan oleh keberadaan *filler* berupa serbuk kayu pada material komposit berpenguat serat daun agel dengan pengikat matrik *polyester* pada orientasi arah serat 90° yang menambah kekuatan serat dalam menahan beban. Ukuran dan komposisi *filler* sangat menentukan sifat mekanik material komposit, ukuran *filler* dalam bentuk serbuk memiliki kemampuan *wettability* yang baik, sehingga akan menghasilkan ikatan

adhesive yang baik pada bidang *interface* antara resin dengan *filler*. Selain itu, *filler* serbuk kayu dengan nilai densitas yang rendah memiliki kemampuan dalam menyerap resin yang lebih baik, sehingga ikatan *interface* antara *filler* dengan matrik dapat terikat sempurna. Hal ini menyebabkan distribusi *filler* dalam matrik menjadi lebih rata, dan dapat meminimalkan terjadinya rongga udara (*voids*) dalam struktur material komposit.

PENUTUP

Melalui hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik material komposit berpenguat serat daun agel yang difabrikasi dengan matrik *epoxy* pada arah serat 0° *nonfiller* dan 90° *filler* masing-masing adalah sebesar 9,6 MPa dan 9,2 MPa, kemudian material komposit berpenguat serat daun agel yang difabrikasi dengan matrik *polyester* pada arah serat 0° dan 90° *nonfiller* dan 90° *filler* masing-masing adalah sebesar 7,2 MPa dan 14,4 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D3039. "Standart Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Material".
- Gibson F, Ronald. 1994. "Principles of Composite Materials Mechanics". McGraw-Hill Inc. New York.
- Maredya, F, H. 2018. "Study Sifat Mekanik Komposit Serat Bambu Dan Serat Ijuk Dengan Filler Tambahan Partikel Sekam Padi Terhadap pembebanan Tarik Dan Bending". Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto Yogyakarta.
- Eko, F, W. 2019. "Analisis Pengaruh Variasi Jenis *Adhesive Bonding* dan Ketebalan Pada Sambungan Komposit". Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto Yogyakarta.
- Zulfadhli, M. 2016. "Bamboo Fiber Reinforced Polyester Composite". Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.