

## Analisis Sifat Mekanis Komposit Hibrida Serat Jute dan Fiberglass dengan Metode Vacuum Infusion

Hendri Hestiawan, Muhammad Imron Muhadjir, Zuliantoni

Program Studi Teknik Mesin Universitas Bengkulu  
Jl. W.R. Supratman Kandang Limun, Bengkulu, Indonesia.  
Email: hestiawan@unib.ac.id

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh susunan serat dan orientasi sudut terhadap sifat mekanis komposit hibrida berpenguat serat jute dan fiberglass menggunakan metode vacuum infusion. Serat jute dipilih karena sifatnya yang ramah lingkungan, dapat terurai secara hayati, serta ketersediaannya yang melimpah. Serat fiberglass digunakan untuk meningkatkan kekuatan mekanis komposit. Proses pembuatan spesimen dilakukan dengan variasi susunan dan orientasi serat menggunakan cetakan akrilik, sedangkan resin yang digunakan adalah vinylester Ripoxy R-802 EX-1 dengan perbandingan 100:10:0,25 antara resin, katalis, dan promotor. Pengujian meliputi uji impak (ASTM D5942), uji lentur (ASTM D790), dan uji tarik (ASTM D638). Hasil penelitian menunjukkan bahwa orientasi serat berpengaruh signifikan terhadap kekuatan mekanis komposit. Susunan Glass-Jute-Jute-Glass dengan orientasi sudut  $0^\circ$  menghasilkan kekuatan lentur tertinggi sebesar 158,78 MPa dan ketangguhan impak sebesar 28,51 kJ/m<sup>2</sup>, sedangkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 46,58 MPa diperoleh pada orientasi  $45^\circ$ . Dengan demikian, kombinasi susunan dan orientasi serat yang tepat dapat meningkatkan kekuatan mekanis komposit hibrida serat jute dan fiberglass.

**Kata kunci:** serat jute, fiberglass, komposit hibrida, vacuum infusion, sifat mekanis..

### 1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi material saat ini telah mendorong para peneliti untuk mengembangkan material dengan sifat mekanis yang tinggi namun tetap ringan dan ramah lingkungan. Salah satu material yang banyak dikembangkan adalah komposit berpenguat serat, yang menawarkan rasio kekuatan terhadap berat lebih baik dibandingkan bahan konvensional seperti logam atau keramik. Keunggulan utama bahan komposit adalah kemampuannya untuk dirancang sesuai kebutuhan spesifik suatu aplikasi melalui pemilihan jenis serat, matriks, dan metode manufaktur [1].

Dalam dua dekade terakhir, penggunaan serat alam sebagai bahan penguat dalam komposit semakin mendapat perhatian karena ketersediaannya yang melimpah, biaya

rendah, serta sifatnya yang terbarukan dan dapat terurai secara hayati (biodegradable) [2]. Salah satu serat alam yang potensial adalah serat jute (*Corchorus capsularis* dan *Corchorus olitorius*). Serat ini memiliki tekstur kasar, kekuatan tarik yang baik, serta ketahanan terhadap serangan mikroorganisme. Selain itu, jute memiliki keunggulan dari sisi keberlanjutan karena berasal dari sumber daya nabati yang mudah diperbaharui [3], [4].

Namun demikian, kelemahan utama serat alam seperti jute adalah kekuatan mekanis yang relatif rendah serta tingkat penyerapan kelembapan yang tinggi, yang dapat menurunkan kualitas antarmuka antara serat dan matriks polimer [5]. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, dilakukan pendekatan komposit hibrida, yaitu menggabungkan dua atau lebih jenis serat—baik alami maupun sintetis—dalam satu matriks polimer. Kombinasi ini memungkinkan tercapainya keseimbangan antara kekuatan tinggi dari serat sintetis dan sifat ramah lingkungan dari serat alami [6]. Salah satu kombinasi yang banyak diteliti adalah serat jute dan fiberglass, di mana fiberglass berfungsi meningkatkan kekakuan dan kekuatan tarik komposit, sedangkan jute berperan mengurangi biaya dan meningkatkan aspek keberlanjutan [7].

Metode vacuum infusion dipilih dalam penelitian ini karena dapat menghasilkan komposit dengan rasio resin terhadap serat yang lebih homogen dan porositas rendah dibandingkan metode hand lay-up. Proses ini memanfaatkan tekanan vakum untuk menarik resin ke dalam lapisan serat secara merata, sehingga menghasilkan komposit dengan kualitas struktur yang lebih baik dan efisien dalam penggunaan resin [8].

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh susunan serat dan orientasi sudut serat terhadap sifat mekanis komposit hibrida serat jute dan fiberglass yang dibuat dengan metode vacuum infusion. Parameter yang diuji meliputi kekuatan impact, kekuatan lentur, dan kekuatan tarik sesuai standar ASTM. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan material komposit ramah lingkungan dengan performa mekanis yang baik serta menjadi acuan dalam penerapan komposit hibrida untuk aplikasi struktural maupun non-struktural.

## **2 Material dan Metode Penelitian**

### **2.1. Alat dan Bahan**

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Pompa vakum dan selang vakum untuk proses vacuum infusion. Cetakan akrilik berukuran 300 mm × 300 mm × 5 mm sebagai wadah pembentukan spesimen. Bagging film dan sealant tape untuk menutup sistem vakum. Gunting serat, kuas resin, dan gelas ukur untuk persiapan material. Timbangan digital untuk menakar komposisi bahan. Universal Testing Machine (UTM) untuk uji tarik dan uji lentur. Mesin uji impact Charpy/Izod untuk pengujian ketangguhan impact.

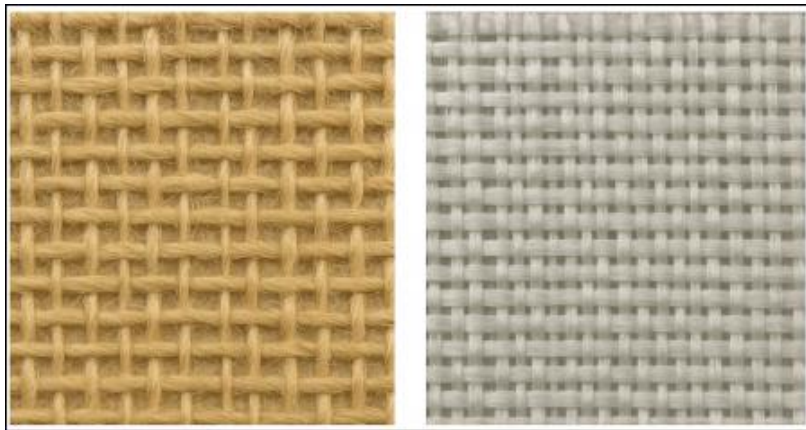
Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas serat jute dan serat fiberglass sebagai penguat (reinforcement), serta resin vinylester sebagai matriks.

Serat jute (*Corchorus capsularis/olitorius*) digunakan dalam bentuk woven fabric (anyaman) dengan orientasi sudut serat  $0^\circ$  dan  $45^\circ$ .

Serat ini dipilih karena sifatnya yang kuat, tahan terhadap degradasi biologis, serta ramah lingkungan. Serat fiberglass tipe E-glass digunakan dalam bentuk anyaman halus dengan massa jenis  $2,58 \text{ g/cm}^3$  dan kekuatan tarik sekitar  $34,5 \text{ MPa}$ . Serat ini berfungsi memperkuat struktur komposit dan meningkatkan kekakuan material.

Resin vinylester Ripoxy R-802 EX-1 digunakan sebagai matriks pengikat antara serat jute dan fiberglass. Resin ini dipilih karena memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi dan korosi yang baik.

Katalis (MEKP) dan promotor (Co-napthenate) digunakan sebagai bahan tambahan untuk mempercepat proses polimerisasi resin dengan perbandingan 100:10:0,25.



**Gambar 1.** Bahan Penguat : Serat Jute dan Fiberglass

## 2.2. Metode

Menjelaskan Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium untuk menganalisis pengaruh susunan lapisan serat dan orientasi sudut serat terhadap sifat mekanis komposit hibrida berpenguat serat jute dan fiberglass. Penelitian dilakukan di Laboratorium Material dan Mekanika Bahan, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Bengkulu.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:

Susunan lapisan serat (2F3J, 3J2F)

Orientasi sudut serat ( $0^\circ$  dan  $45^\circ$ )

Sedangkan variabel terikatnya adalah sifat mekanis komposit, yang meliputi:

Kekuatan tarik (MPa)

Kekuatan lentur (MPa)

Ketangguhan impak ( $\text{kJ/m}^2$ )

### 2.3. Rencana Desain

Rancangan komposit hibrida dalam penelitian ini disusun berdasarkan variasi **susunan lapisan serat dan orientasi sudut serat**.

Setiap spesimen terdiri dari lima lapisan dengan variasi konfigurasi sebagai berikut:

**Tabel 1.** Rencana desain konfigurasi susunan serat pada komposit hibrida serat jute dan fiberglass dengan variasi orientasi sudut 0° dan 45°.

Kode	Susunan Serat	Orientasi Sudut	Keterangan
2F3J	2 lapis fiberglass di luar, 3 lapis jute di tengah	0°	Kombinasi simetris
2F3JO	Sama seperti 2F3J	45°	Kombinasi bersilang
3J2F	3 lapis jute di luar, 2 lapis fiberglass di dalam	0°	Kombinasi terbalik
3J2FO	Sama seperti 3J2F	45°	Kombinasi bersilang

Gambar ini menunjukkan urutan lapisan antara serat jute dan fiberglass pada tiap variasi spesimen (2F3J, 2F3JO, 3J2F, dan 3J2FO) yang digunakan untuk mengkaji pengaruh susunan dan orientasi serat terhadap sifat mekanis komposit.

Spesimen dibuat mengikuti dimensi uji berdasarkan standar **ASTM** sebagai berikut:

1. **Uji Tarik (ASTM D638)**: panjang total 165 mm, lebar 13 mm, tebal 5 mm.
2. **Uji Lentur (ASTM D790)**: panjang 127 mm, lebar 12,7 mm, tebal 5 mm.
3. **Uji Impak (ASTM D5942)**: panjang 63,5 mm, lebar 12,7 mm, tebal 5 mm, dengan takikan berbentuk V.

### 2.4. Proses Fabrikasi

Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode vacuum infusion, yang memanfaatkan tekanan negatif untuk menarik resin ke dalam lapisan serat secara merata. Tahapan proses dijelaskan sebagai berikut:

#### Persiapan Cetakan dan Serat

Cetakan akrilik dibersihkan dan dilapisi release agent agar spesimen mudah dilepaskan. Serat jute dan fiberglass dipotong sesuai ukuran cetakan dan disusun berdasarkan konfigurasi yang telah direncanakan.

#### Penyusunan Lapisan Serat (Lay-up)

Serat disusun berlapis secara bergantian sesuai variasi konfigurasi (2F3J, 2F3JO, 3J2F, 3J2FO) di dalam cetakan. Posisi serat fiberglass ditempatkan di permukaan untuk meningkatkan kekuatan struktural.

#### Pemasangan Sistem Infusi

Setelah susunan serat selesai, lapisan peel ply, distribution mesh, vacuum hose, dan bagging film dipasang. Semua sambungan rapat menggunakan sealant tape untuk mencegah kebocoran udara.

#### Pencampuran Resin dan Infusi Vakum

Resin vinylester dicampur dengan katalis dan promotor sesuai perbandingan 100:10:0,25, kemudian diaduk hingga homogen. Sistem vakum diaktifkan hingga mencapai tekanan  $-0,8$  bar, kemudian resin diinfuskan hingga seluruh serat terbasahi sempurna.

#### Proses Curing

Setelah infusi selesai, sistem dibiarkan pada kondisi vakum selama 24 jam pada suhu ruang untuk proses curing awal. Selanjutnya dilakukan post-curing pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam untuk memastikan pengerasan sempurna.

#### Pemotongan Spesimen dan Uji Mekanis

Setelah komposit mengeras, lembaran komposit dilepaskan dari cetakan dan dipotong sesuai dimensi spesimen pengujian. Spesimen kemudian diuji tarik, lentur, dan impak untuk menentukan sifat mekanisnya.

### 2.5. Proses Manufaktur Komposit Hybrid

Pada Pembuatan komposit dilakukan dengan metode vacuum infusion, yaitu teknik yang menggunakan tekanan negatif untuk menarik resin ke dalam lapisan serat secara merata, menghasilkan komposit dengan porositas rendah dan distribusi resin yang homogen.



**Gambar 2.** Teknik Vakum Infusion

#### Persiapan Cetakan dan Serat

Cetakan akrilik dibersihkan dan dilapisi release agent. Serat jute dan fiberglass dipotong sesuai ukuran dan disusun berdasarkan variasi konfigurasi (2F3J, 2F3JO, 3J2F, dan 3J2FO) dengan orientasi serat 0° dan 45°.

#### Penyusunan dan Pemasangan Sistem Vakum

Serat disusun berlapis di dalam cetakan. Lapisan peel ply, flow media, dan bagging film dipasang, kemudian sistem disegel rapat menggunakan sealant tape. Selang resin dan vakum dihubungkan ke vacuum pump.

#### Proses Infusi dan Curing

Resin vinylester Ripoxy R-802 EX-1 dicampur dengan katalis dan promotor (rasio 100:10:0,25). Setelah tekanan mencapai -0,8 bar, resin diinfuskan hingga serat terbasahi sempurna. Komposit dibiarkan mengeras (curing) selama 24 jam pada suhu ruang, lalu dilakukan post-curing pada suhu 80°C selama 2 jam.

#### Pemotongan Spesimen

Lembaran komposit dilepaskan dari cetakan dan dipotong sesuai standar ASTM untuk uji tarik (D638), lentur (D790), dan impak (D5942).

Susunan serat pada komposit hybrid pada pembuatan spesimen dimana 7F terdiri dari fiberglass 7 lapis, 3J terdiri dari serat jute 3, 2F3J terdiri dari 2 lapis fiberglass di permukaan dan 3 lapis serat jute ditengahnya, 3J2F terdiri dari 3 lapis serat jute dan 2 lapis fiberglass yang disusun selang seling. Dapat dilihat pada Tabel 2.

**Table 1.** Susunan Serat Komposit

Lap 1 (°)	Lap 2 (°)	Lap3 (°)	Lap 4 (°)	Lap 5 (°)	Lap 6 (°)	Lap7 (°)	Kode
K 0	K 45	K 0	K 45	K 0	K 45	K 0	7F
K 0	K 0	K 0	K 0	K 0	K 0	K 0	7FO
J 0	J 45	J 0	-	-	-	-	3J
J 0	J 0	J 0	-	-	-	-	3JO
K 0	J 0	J 0	J 0	K 0	-	-	2F3J
K 0	J 45	J 0	J 45	K 0	-	-	2F3JO
J 0	K 0	J 0	K 0	J 0	-	-	3J2F
J 0	K 45	J 0	K 45	J 0	-	-	3J2FO

#### 2.5. Analisis Data

Nilai hasil pengujian dari setiap variasi susunan serat dan orientasi sudut dihitung rata-ratanya untuk memperoleh data representatif. Selanjutnya dilakukan analisis perbandingan guna menentukan:

Pengaruh orientasi serat terhadap kekuatan mekanis komposit,

Pengaruh posisi serat fiberglass dan jute terhadap peningkatan kekuatan, serta

Korelasi antara konfigurasi serat terhadap kemampuan serap energi material.

Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi hubungan antara susunan lapisan, orientasi serat, dan kinerja mekanis komposit hibrida.

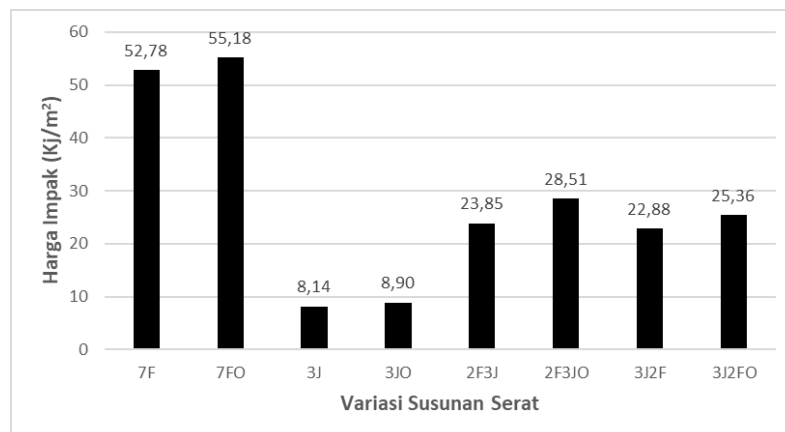
### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Pengujian Impak

Hasil pengujian menunjukkan bahwa orientasi dan susunan serat sangat memengaruhi ketangguhan impact komposit. Spesimen dengan konfigurasi 2F3JO (orientasi  $0^\circ$ ) menghasilkan nilai ketangguhan tertinggi sebesar 28,51 kJ/m<sup>2</sup>, sedangkan konfigurasi 3J2F (orientasi  $45^\circ$ ) memiliki nilai terendah.

Peningkatan nilai impact pada 2F3JO terjadi karena lapisan fiberglass berada di permukaan luar sehingga mampu menahan dan menyebarkan energi tumbukan secara lebih merata. Selain itu, orientasi serat  $0^\circ$  membuat arah gaya tumbukan sejajar dengan arah serat, sehingga transfer energi lebih efisien.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Yudhistira [9] yang menyebutkan bahwa orientasi serat tegak lurus terhadap arah pembebanan menghasilkan energi serap tumbukan yang lebih besar.



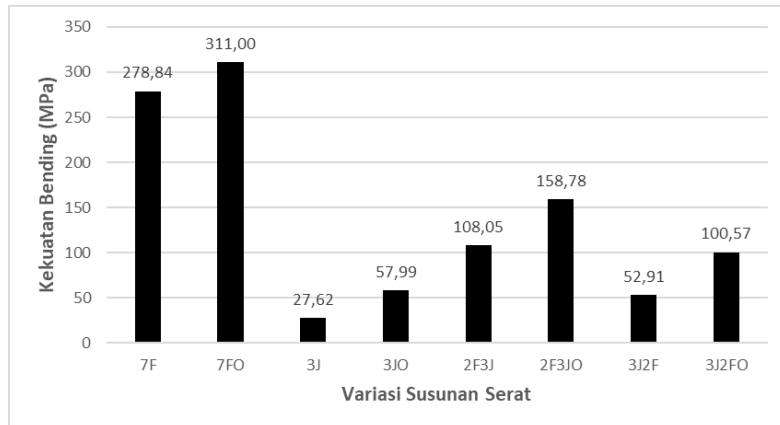
**Gambar 3.** Kekuatan Impact Berdasarkan Variasi Susunan Serat dan Sudut Serat

#### 3.2. Hasil Pengujian Bending (Lentur)

Pada pengujian lentur, konfigurasi 2F3JO juga menunjukkan hasil terbaik dengan nilai kekuatan lentur maksimum sebesar 158,78 MPa, meningkat sekitar 46,9% dibanding konfigurasi 2F3J.

Hal ini dikarenakan susunan lapisan fiberglass di bagian luar berfungsi sebagai lapisan penahan (skin layer), sementara serat jute di bagian tengah bertindak sebagai lapisan inti yang meningkatkan kekakuan komposit. Orientasi serat  $0^\circ$  memungkinkan beban lentur tersalurkan secara merata di sepanjang arah serat.

Temuan ini mendukung hasil penelitian Harun [10] yang menyatakan bahwa orientasi serat  $0^\circ/90^\circ$  atau sejajar dengan sumbu pembebanan memberikan kekuatan lentur tertinggi karena mampu menahan deformasi dengan lebih stabil.



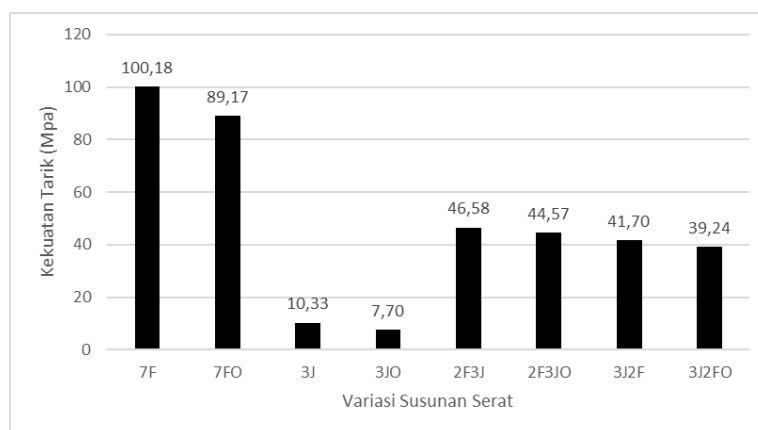
**Gambar 4.** Kekuatan Bending Berdasarkan Variasi Susunan Serat dan Sudut Serat

### 3.3. Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik menunjukkan tren yang berbeda. Nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 46,58 MPa diperoleh pada konfigurasi 2F3J dengan orientasi  $45^\circ$  (2F3JO45).

Hal ini menunjukkan bahwa orientasi bersilang ( $45^\circ$ ) menghasilkan ikatan antarlapisan yang lebih kuat karena serat jute dan fiberglass saling mengunci, meningkatkan kemampuan komposit menahan gaya tarik multidireksional. Sebaliknya, konfigurasi 3J2F menunjukkan penurunan kekuatan tarik karena lapisan fiberglass tidak berada di posisi luar sehingga transfer beban tidak optimal.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Fahmi dan Hermansyah [14] yang menyatakan bahwa orientasi serat silang meningkatkan kekuatan tarik akibat distribusi gaya yang lebih merata.



**Gambar 5.** Kekuatan Tarik Berdasarkan Variasi Susunan Serat dan Sudut Serat



### **3.4. Analisis Pengaruh Orientasi dan Susunan Serat**

Secara umum, variasi susunan dan orientasi serat berpengaruh signifikan terhadap ketiga parameter mekanis (impak, lentur, dan tarik).

Fiberglass di permukaan luar berkontribusi pada peningkatan kekuatan lentur dan ketangguhan impact.

Orientasi serat  $0^\circ$  memberikan hasil optimal untuk lentur dan impact.

Orientasi serat  $45^\circ$  lebih baik pada kekuatan tarik karena membentuk jaringan silang yang memperkuat struktur antarlapisan.

Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi serat jute sebagai penguat alami dan fiberglass sebagai penguat sintetis dapat menghasilkan komposit hibrida dengan sifat mekanis yang seimbang antara kekuatan dan ketangguhan.

## **4 Kesimpulan**

Penelitian ini membuktikan bahwa susunan dan orientasi serat berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanis komposit hibrida berbasis serat jute dan fiberglass yang diproduksi menggunakan metode vacuum infusion. Kombinasi susunan dua lapis fiberglass di bagian luar dan tiga lapis jute di bagian tengah (2F3J) memberikan performa terbaik secara keseluruhan. Orientasi serat  $0^\circ$  menghasilkan kekuatan lentur dan ketangguhan impact tertinggi, masing-masing sebesar 158,78 MPa dan 28,51 kJ/m<sup>2</sup>, sedangkan orientasi serat  $45^\circ$  memberikan kekuatan tarik maksimum sebesar 46,58 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi serat bersilang mampu meningkatkan kekuatan tarik akibat distribusi beban yang lebih merata, sedangkan orientasi sejajar lebih efektif menahan beban lentur dan tumbukan. Selain itu, penerapan metode vacuum infusion terbukti efisien karena menghasilkan komposit dengan porositas rendah dan penyebaran resin yang seragam, sehingga meningkatkan integritas struktur material. Secara keseluruhan, kombinasi serat jute dan fiberglass dalam satu matriks vinylester menghasilkan material yang kuat, ringan, dan tetap ramah lingkungan, sehingga berpotensi diterapkan pada berbagai aplikasi struktural seperti panel otomotif, peralatan kelautan, serta komponen industri berkelanjutan.

## Referensi

1. S. H. Nuri, T. Suwanda, and K. Diharjo, "Kajian Komprehensif Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Kekuatan Komposit Berpenguat Serat Nanas-Nanasan (Bromeliaceae)," *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, vol. 9, no. 2, pp. 199–207, 2006.
2. T. Suwanda and M. Budi, "Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Rami dengan Matriks Polyester," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 13, no. 2, pp. 165–170, 2010.
3. R. F. Septiyanto, A. Hanif, and D. Abdullah, "Perbandingan Komposit Serat Alam dan Serat Sintetis melalui Uji Tarik dengan Bahan Serat Jute dan E-glass," *Jurnal Teknologi Bahan dan Produksi*, vol. 2, no. 1, pp. 23–28, 2016.
4. F. Fadilla, M. Cory, and A. Siagian, "Pengolahan Material Kain Goni sebagai Embellishment pada Produk Fesyen," *Jurnal Desain dan Kriya*, vol. 8, no. 2, pp. 463–472, 2021.
5. R. F. Gibson, *Principles of Composite Material Mechanics*, 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1994.
6. S. H. Program, H. Mulyana, and A. H. Fauzi, "Aplikasi Perangkat Vacuum Infusion untuk Pembuatan Komponen Berbahan Komposit," in *Prosiding Seminar Nasional XIX Teknik Mesin*, Yogyakarta, Indonesia, 2018.
7. M. Ramesh, K. Palanikumar, and K. H. Reddy, "Mechanical Property Evaluation of Sisal–Jute–Glass Fiber Reinforced Polyester Composites," *Composites Part B: Engineering*, vol. 48, pp. 1–9, May 2013, doi: 10.1016/j.compositesb.2012.12.004.
8. A. Hariyanto, "Rekayasa Bahan Komposit Hybrid Sandwich Berpenguat Serat Kenaf dan Serat Gelas dengan Core Kayu Pinus," *Jurnal Rekayasa Material dan Energi*, vol. 9, no. 2, pp. 43–48, 2008.
9. B. Yudhistira, "Analisa Pengaruh Orientasi Arah Serat dan Tebal Core terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Sandwich Serat Kenaf dengan Core Kayu Sengon," Skripsi, Universitas Jember, 2010.
10. H. Hestiawan, J. Jamasri, and K. Kusmono, "Effect of Fibre Sequence on the Mechanical Properties of Woven Fan Palm/Glass Fabric Reinforced Polymer Hybrid Composites," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 432, no. 1, p. 012050, Nov. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/432/1/012050.