

PENGARUH PENAMBAHAN VARIASI UKURAN ABU SEKAM PADI PADA KOMPOSIT SERAT RAMI BERMATRIKS EPOXY TERHADAP SIFAT MEKANIK

Meidika Rizky Ardi Kusuma¹, Priyagung Hartono², Artono Raharjo³

¹Universitas Islam Malang
e-mail : 21901052048@unisma.ac.id

²Universitas Islam Malang
e-mail : priyagung@unisma.ac.id

³Universitas Islam Malang
e-mail : artonor@unisma.ac.id

ABSTRACT

The use of natural fiber-based composite materials is increasing as an alternative in the manufacturing industry because they offer advantages such as light weight, environmental friendliness, renewability, and good mechanical properties. However, improving mechanical performance, particularly bending strength, remains a challenge. This study aims to determine the effect of variations in rice husk ash particle size on the bending strength of jute fiber composites with an epoxy matrix. The flax fibers were treated with 5% NaOH solution for 2 hours to improve the interfacial bonding between the fibers and the matrix. The composites were fabricated using the hand lay-up method combined with vacuum bagging, with a fiber volume fraction of 20%, epoxy matrix of 70%, and rice husk ash of 10%. The variations in rice husk ash size used were 80, 100, and 120 mesh, with horizontal and woven fiber orientations. Bending tests were conducted based on the ASTM D790 (three-point bending) standard. The results showed that the smaller the rice husk ash particle size, the higher the bending strength of the composite. The highest bending strength value was obtained in composites with 120 mesh rice husk ash and woven fiber orientation. This indicates that rice husk ash has the potential to be used as an environmentally friendly filler to improve the mechanical properties of natural fiber composites.

Keywords: Epoxy Composite, Ramie Fiber, Rice Husk Ash, Bending Strength

ABSTRAK

Penggunaan bahan komposit berbasis serat alami semakin meningkat sebagai alternatif di industri manufaktur karena menawarkan keunggulan seperti bobot ringan, ramah lingkungan, dapat diperbarui, dan sifat mekanik yang baik. Namun, peningkatan performa mekanik, khususnya kekuatan bending, masih menjadi tantangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel abu sekam padi terhadap kekuatan bending komposit serat rami bermatriks epoxy. Serat rami diberi perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH 5% selama 2 jam untuk meningkatkan ikatan antarmuka antara serat dan matriks. Komposit dibuat dengan metode hand lay-up yang dikombinasikan dengan vacuum bagging, dengan fraksi volume serat 20%, matriks epoxy 70%, dan abu sekam padi 10%. Variasi ukuran abu sekam padi yang digunakan adalah 80, 100, dan 120 mesh, dengan orientasi serat horizontal dan anyaman. Pengujian bending dilakukan berdasarkan standar ASTM D790 (three-point bending). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel abu sekam padi, maka kekuatan bending komposit semakin meningkat. Nilai kekuatan bending tertinggi diperoleh pada komposit dengan abu sekam padi ukuran 120 mesh dan orientasi serat anyaman. Hal ini menunjukkan bahwa abu sekam padi berpotensi digunakan sebagai filler ramah lingkungan untuk meningkatkan sifat mekanik komposit serat alam.

Kata kunci: Komposit Epoxy, Serat Rami, Abu Sekam Padi, Kekuatan Bending

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi material menuntut penggunaan bahan yang memiliki kinerja mekanik baik, ringan, serta ramah lingkungan. Material komposit menjadi salah satu solusi karena mampu mengombinasikan dua atau lebih material berbeda sehingga menghasilkan sifat yang lebih unggul dibandingkan material penyusunnya. Komposit berbasis serat alam mulai banyak dikembangkan sebagai alternatif pengganti serat sintesis karena memiliki keunggulan berupa densitas rendah, dapat diperbarui, mudah terdegradasi, serta lebih ramah terhadap lingkungan [1].

Serat rami merupakan salah satu serat alam yang berpotensi digunakan sebagai penguat komposit karena memiliki kekuatan tarik tinggi, modulus elastisitas yang baik, serta struktur serat yang stabil. Namun demikian, keberadaan lignin dan hemiselulosa pada permukaan serat dapat menghambat terbentuknya ikatan yang optimal antara serat dan matriks. Perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH dilaporkan mampu menghilangkan komponen non-selulosa sehingga meningkatkan kekasaran permukaan serat dan memperbaiki adhesi antarmuka serat–matriks [2].

Selain penggunaan serat alam sebagai penguat, pengembangan komposit juga diarahkan pada pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan pengisi (filler). Abu sekam padi merupakan limbah hasil pembakaran sekam yang memiliki kandungan silika amorf cukup tinggi sehingga berpotensi meningkatkan kekakuan, kekuatan, serta stabilitas termal komposit ketika dicampurkan ke dalam matriks polimer [3]. Pemanfaatan abu sekam padi ini juga memberikan nilai tambah pada limbah pertanian serta mendukung konsep material berkelanjutan dan ekonomi sirkular [4].

Karakteristik filler sangat dipengaruhi oleh ukuran partikelnya. Partikel dengan ukuran lebih halus memiliki luas permukaan spesifik lebih besar sehingga mampu meningkatkan interaksi mekanik dan distribusi tegangan antara matriks dan penguat, sedangkan partikel yang lebih kasar cenderung menyebabkan aglomerasi, terbentuknya void, dan penurunan sifat mekanik komposit [5]. Oleh karena itu, pengendalian ukuran partikel menjadi parameter penting dalam meningkatkan performa komposit.

Meskipun penelitian mengenai komposit serat alam dan pemanfaatan abu sekam padi telah banyak dilakukan, kajian yang secara khusus menganalisis pengaruh variasi ukuran partikel abu sekam padi terhadap kekuatan bending komposit serat rami bermatriks epoxy masih terbatas. Padahal, kombinasi antara perlakuan serat, distribusi filler, dan metode fabrikasi sangat menentukan kualitas struktur internal

serta kemampuan material dalam menahan beban lentur.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi ukuran partikel abu sekam padi terhadap kekuatan bending komposit serat rami bermatriks epoxy yang dibuat menggunakan metode *hand lay-up* sehingga diperoleh material komposit berbasis sumber daya alam yang lebih optimal dan ramah lingkungan.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen mumi (*true experimental research*), yaitu pengujian yang dilakukan secara langsung terhadap objek penelitian untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diberikan. Penelitian ini membandingkan beberapa kelompok spesimen dengan variasi ukuran abu sekam padi dan orientasi serat terhadap kekuatan bending komposit serat rami. Proses pembuatan komposit dilakukan menggunakan metode *hand lay-up*. Bahan yang digunakan dalam penelitian, meliputi serat rami, abu sekam padi, dan matriks epoxy, diperoleh melalui pembelian dari marketplace.

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Malang dan Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang pada Juli 2025 sampai Agustus 2025.

Variabel

1. Variabel bebas: *Filler* abu sekam padi dengan variasi ukuran 80, 100, dan 120 Mesh, dengan arah orientasi serat horizontal dan anyaman
2. Variabel terikat: Nilai kekuatan uji bending komposit serat rami yang dipengaruhi variasi filler abu sekam padi dan orientasi serat
3. Variabel terkontrol: Serat, ukuran abu sekam padi, ukuran spesimen, permdaman NaOH selama 2 jam.

Alat dan Bahan

1. Alas cetakan (kaca)
2. Cetakan
3. Timbangan digital
4. *Stopwatch*
5. Gunting
6. Sarung tangan
7. Jangka sorong
8. Ayakan *mesh*
9. Gelas ukur
10. Alat uji bending

Prosedur Pengambilan Data

- Proses penelitian diawali dengan perlakuan awal terhadap serat rami melalui metode alkalisasi.

Serat rami direndam dalam larutan NaOH yang telah ditentukan konsentrasinya selama 2 jam untuk menghilangkan lignin, kotoran, dan lapisan non-selulosa yang dapat menghambat ikatan dengan matriks. Setelah proses perendaman selesai, serat dicuci menggunakan air mengalir hingga bersih, kemudian dikeringkan secara alami di bawah sinar matahari sampai kadar airnya berkurang. Abu sekam padi selanjutnya diayak menggunakan ukuran mesh yang telah ditentukan guna memperoleh distribusi partikel yang seragam sebelum digunakan sebagai bahan pengisi.

- Pembuatan komposit dilakukan dengan metode hand lay-up. Cetakan terlebih dahulu dibersihkan untuk memastikan tidak terdapat kontaminan yang dapat mempengaruhi hasil pencetakan. Resin epoxy dicampur dengan hardener pada perbandingan 2:1, kemudian diaduk secara perlahan hingga campuran homogen. Abu sekam padi yang telah diayak dicampurkan ke dalam resin sesuai fraksi volume yang telah ditentukan, lalu campuran tersebut dituangkan ke dalam cetakan. Serat rami kering kemudian disusun ke dalam cetakan sesuai orientasi yang direncanakan, dan sisa campuran resin dituangkan hingga seluruh serat terimpregnasi dengan baik. Cetakan selanjutnya ditutup menggunakan plastik dan dibiarkan hingga proses curing selesai. Setelah komposit mengeras, spesimen dilepas dari cetakan dan dilakukan proses perapian menggunakan amplas untuk memperoleh dimensi sesuai standar pengujian.
- Pengujian bending dilakukan mengacu pada standar ASTM D790-03 menggunakan Universal Testing Machine (UTM). Setiap variasi perlakuan diuji menggunakan tiga spesimen, sehingga total spesimen yang diuji berjumlah 18 buah. Spesimen ditempatkan pada alat uji lentur dengan konfigurasi three-point bending, kemudian diberikan beban secara bertahap hingga spesimen mengalami deformasi maksimum atau patah. Data beban dan defleksi tercatat secara otomatis oleh sistem mesin uji.
- Tahap akhir penelitian adalah pengumpulan dan pengolahan data hasil pengujian. Seluruh data yang diperoleh direkapitulasi untuk kemudian dianalisis guna membandingkan pengaruh variasi ukuran partikel abu sekam padi dan orientasi serat terhadap kekuatan bending komposit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Nilai Hasil Pengujian Bending

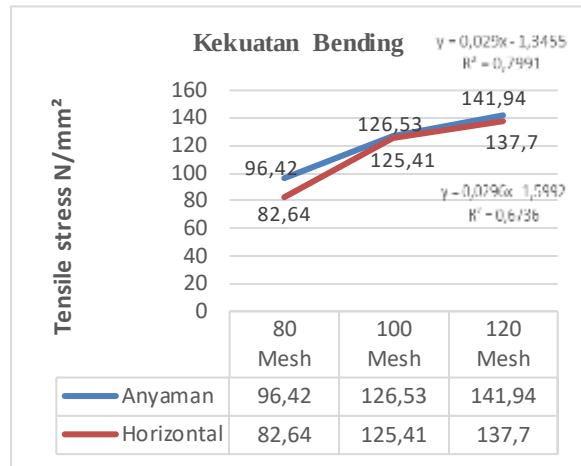
Kekuatan Bending (N/mm^2)			
Ukuran Mesh \ Orientasi Serat	80	100	120
Anyaman	99,942	130,213	156,519
	97,059	109,071	118,20
	92,254	140,303	151,114
Total	289,255	379,587	425,834
Rata-rata	96,418	126,529	141,945
Horizontal	91,052	120,843	125,408
	72,314	116,76	144,507
	84,566	138,621	143,186
Total	247,933	376,224	413,101
Rata-rata	82,645	125,408	137,70

Tabel 2. Spesimen Hasil Uji Bending

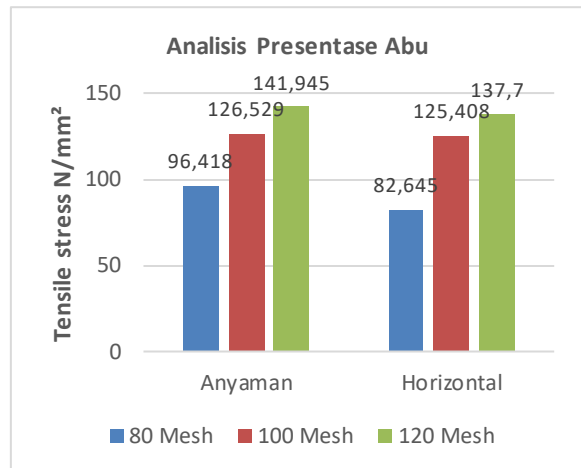
Ukuran Mesh \ Orientasi Serat	80	100	120
Anyaman			
Horizontal			

Berdasarkan gambar diatas hasil lengkungan yang disebabkan oleh beban tekan terlihat jelas pada spesimen fraksi orientasi horizontal dengan variasi ukuran abu 80 mesh ini disebabkan karena fraksi serat horizontal tidak mampu menahan dan mendistribusikan beban secara merata sehingga mengakibatkan defleksi yang begitu besar. Sedangkan spesimen yang mampu menahan beban tekan terdapat pada fraksi orientasi anyaman dengan variasi variasi ukuran abu 120 mesh hal ini disebabkan adanya pengaruh penambahan abu yang mampu meningkatkan kekuatan komposit sehingga mampu menahan beban tekan, sedangkan arah serat anyaman dapat menahan beban tekan karena arah serat

anyaman mampu mendistribusikan beban tekan secara merata sehingga dapat mengurangi defleksi.



Gambar 1. Grafik Rata-rata Kekuatan Bending



Gambar 2. Grafik Analisis Presentase Abu

Grafik diatas menunjukkan bahwa komposit dengan penambahan abu sekam padi berukuran 120 mesh dan orientasi serat anyaman menghasilkan nilai tegangan bending tertinggi sebesar 141,945 N/mm². Peningkatan kekuatan ini disebabkan oleh konfigurasi anyaman yang memungkinkan terjadinya distribusi beban yang lebih merata antarserat. Struktur anyaman membentuk ikatan mekanik yang lebih stabil sehingga serat mampu bekerja secara simultan dalam menahan beban, meningkatkan kemampuan material dalam menghambat deformasi dan inisiasi retak. Kondisi tersebut berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan mekanik komposit secara keseluruhan. Sementara itu, komposit dengan ukuran abu sekam padi yang sama (120 mesh) namun dengan orientasi serat horizontal menunjukkan nilai tegangan maksimum sebesar 137,70 N/mm². Nilai ini lebih rendah dibandingkan orientasi anyaman karena

susunan serat yang sejajar menyebabkan mekanisme transfer beban tidak berlangsung secara optimal. Pada orientasi horizontal, beban cenderung terdistribusi secara tidak merata sehingga sebagian serat menerima konsentrasi tegangan yang lebih besar. Akibatnya, kemampuan komposit dalam menahan beban tekan maupun lentur menjadi lebih terbatas dibandingkan dengan konfigurasi anyaman.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Statistik

Sumber Varian	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rata-Rata Kuadrat	F Hitung	F tabel
Rata-rata Variasi Fraksi Abu	183,157	1	183,157	1,058	4,747
Rata-rata Orientasi Serat	8097,619	2	4048,809	23,388	3,885
Interaksi	130,3436	2	65,172	0,3765	3,885
Error	2077,375	12	173,115		
Total	10488,494	17			

Kesimpulan:

- F hitung = 1,058 ≤ F_{0,05} 4,727 artinya H₀ diterima. Jadi tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi ukuran abu sekam terhadap kekuatan bending pada komposit
- F hitung = 23,388 ≥ F_{0,05} 3,885 artinya H₀ ditolak. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi orientasi serat terhadap kekuatan bending pada komposit
- F hitung = 0,3765 ≤ F_{0,05} 3,89 artinya H₀ diterima. Jadi tidak terdapat interaksi antara variasi orientasi serat dan variasi fraksi terhadap kekuatan bending pada komposit

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian; di atas pada komposit serat rami dengan penambahan variasi ayakan 80, 100, dan 120, dan variasi arah serat horizontal dan anyaman maka dapat diambil kesimpulan

- Pengaruh pada variasi arah serat horizontal dengan variasi ayakan abu sekam padi 80, 100, 120 nilai rata-rata pada uji bending tertinggi pada spesimen dengan ukuran ayakan 120 mesh sebesar 137,7 N/mm², dapat dijelaskan bahwa meningkatnya kekuatan lentur material disebabkan oleh variasi ukuran ayakan abu sekam padi.
- Pada variasi arah serat anyaman dengan variasi ayakan abu sekam padi 80, 100, 120 nilai rata-rata uji bending tertinggi pada spesimen dengan ukuran 120 mesh sebesar 141,945 N/mm², dapat

dijelaskan bahwa pengaruh arah serat anyaman dapat meningkatkan kekuatan material dikarenakan serat dapat memberikan kekakuan yang lebih seimbang dalam berbagai arah. Selain serat, penambahan abu sekam padi yang tepat dapat meningkatkan kekuatan lentur suatu material dan nilai terendah terdapat pada ukuran mesh 80 dengan nilai 96,418 N/mm². Nilai ini lebih besar dari spesimen arah serat horizontal, meskipun sama-sama dipengaruhi oleh penambahan abu, dan ukuran mesh yang sama tetapi variasi arah serat anyaman lebih kuat. hal ini disebabkan oleh arah serat anyaman yang dimana arah serat ini memiliki kekuatan lebih baik dibandingkan arah serat horizontal. Pengujian dan proporsi yang tepat sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal dalam meningkatkan kekuatan material.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih atas dukungan serta bantuan materil ataupun non materil pada saat penelitian kepada bapak Dr. Ir. Priyagung Hartono, M.T., dan bapak Artono Raharjo, S.T., M.T. serta keluarga yaitu kedua orang tua dan juga teman-teman yang sudah membantu serta berkontribusi dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pickering, K. L., Efendy, M. G. A., & Le, T. M. (2022). A Review of Recent Developments in Natural Fibre Composites and Their Mechanical Performance. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Vol. 163.
- [2] Yudhanto, F., Hidayat, N., & Wibowo, A. (2023). Effect of Alkali Treatment on Interfacial Bonding of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites. Materials Today Proceedings, Vol. 74.
- [3] Bisht, A., & Rani, P. (2024). Rice Husk Ash as Reinforcing Filler in Polymer Composites: Mechanical and Microstructural Behaviour. Advanced Industrial Research, Vol. 5.
- [4] Sokolova, E. (2024). Utilization of Agricultural Waste Silica from Rice Husk Ash for Sustainable Composite Materials. Refractories and Industrial Ceramics, Vol. 65.
- [5] Rahmatillah, M., Sari, D. P., & Nugroho, A. (2022). Influence of Silica Particle Size Derived from Rice Husk Ash on Composite Properties. Journal of Materials Engineering, Vol. 10. Vol. 10 composites," *Microporous and Mesoporous Materials*, vol. 217, pp. 150–158, Jul. 2015.