

Pengujian Karakteristik Komposit Hybrid Serat Daun Pandan Alas Dan Serbuk Kayu Jati Dengan Resin Polyester Terhadap Uji Impak Dan Uji Bending

Mohammad Daffa Naufal¹, Yuliyanto², Juanda³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin Dan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat 33211, Indonesia
e-mail: *dnaufal988@gmail.com

Abstrak: Salah satu bidang yang mengalami perkembangan dalam penggunaan material komposit adalah industri peralatan joran pancing. Joran pancing merupakan salah satu alat utama dalam aktivitas memancing yang berfungsi sebagai alat bantu untuk menahan tarikan ikan, serta mengontrol arah dan kekuatan tali pancing saat proses penangkapan ikan. Dalam aplikasi ini, joran pancing harus memiliki beberapa karakteristik penting. Dalam penelitian ini, dipilih dua jenis bahan penguat alami, yaitu serat daun pandan alas dan serbuk kayu jati. Metode eksperimen menggunakan pendekatan Response Surface Methodology (RSM) dengan rancangan Central Composite Design (CCD) untuk memodelkan interaksi antar variabel. Nilai kekuatan impak tertinggi diperoleh pada komposisi serat 15% dengan waktu perendaman 5 jam sebesar 15,26 kJ/m², sedangkan nilai terendah terdapat pada komposisi serat 5% dengan waktu perendaman 1 jam, yaitu 3,26 kJ/m². Perlakuan perendaman selama 5 jam secara konsisten menghasilkan nilai tertinggi pada uji bending sebesar 27,2 MPa. Komposisi seimbang antara serat dan serbuk (15%:15% dan 10%:10%) yang dipadukan dengan waktu perendaman 5 jam menghasilkan performa terbaik dalam hal kekuatan bending dan impak.

Kata Kunci: komposit hybrid, joran pancing, serat pandan alas, serbuk kayu jati, kekuatan bending, kekuatan impak

Abstract: One of the sectors experiencing significant development in the use of composite materials is the fishing rod equipment industry. A fishing rod is one of the main tools in fishing activities, serving to withstand the pull of the fish and to control the direction and tension of the fishing line during the catching process. In this application, fishing rods must possess several essential characteristics. This study utilized two types of natural reinforcing materials pandan leaf fiber and teak wood powder. The experimental method employed the Response Surface Methodology (RSM) approach with a Central Composite Design (CCD) to model the interaction among variables. The highest impact strength value of 15.26 kJ/m² was obtained at a fiber composition of 15% with a soaking time of 5 hours, while the lowest value of 3.26 kJ/m² was recorded at a 5% fiber composition with a soaking time of 1 hour. A soaking treatment of 5 hours consistently resulted in the highest bending strength, reaching 27.2 MPa. A balanced composition between fiber and powder (15%:15% and 10%:10%) combined with a 5-hour soaking time produced the best performance in terms of both bending and impact strength.

Keywords: hybrid composite, fishing rod, pandan leaf fiber, teak wood powder, bending strength, impact strength

Material komposit merupakan salah satu inovasi penting dalam bidang rekayasa dan manufaktur karena kemampuannya mengombinasikan bobot yang ringan dengan kekuatan mekanis yang tinggi. Salah satu contohnya dapat ditemukan pada industri joran pancing, yang mengalami perkembangan pesat dalam penerapan material komposit. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan joran pancing akan struktur yang kuat sekaligus fleksibel untuk menahan beban dinamis selama digunakan.

Secara konvensional, joran pancing diproduksi menggunakan serat sintetis seperti serat karbon dan fiberglass yang memiliki karakteristik kekuatan serta fleksibilitas yang sangat baik. Namun, material tersebut memiliki beberapa kekurangan,

antara lain biaya yang tinggi, proses manufaktur yang kompleks, serta sifatnya yang tidak ramah lingkungan karena tidak dapat terurai secara alami (Ibrahim Sabry, 2022) (Ferriawan Yudhanto, 2019).

Sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut, penelitian mengenai komposit berbasis serat alami kini mendapatkan perhatian yang luas sebagai alternatif material yang lebih berkelanjutan. Serat alami memiliki sejumlah keunggulan, antara lain ketersediaan yang melimpah, sifat biodegradabel, biaya yang relatif rendah, serta bobot yang lebih ringan.

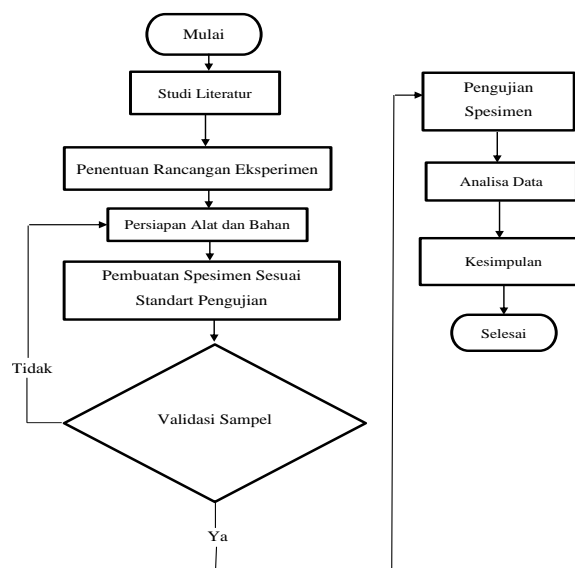
Penelitian ini memfokuskan kajian pada pemanfaatan serat daun pandan (*Pandanus*) dan serbuk kayu jati (*Tectona grandis*) sebagai penguat alami dalam matriks resin poliester. Serat daun pandan dikenal memiliki struktur serat yang panjang dan kuat serta banyak ditemukan di wilayah pesisir seperti Bangka Belitung, meskipun potensinya belum dimanfaatkan secara optimal. Di sisi lain, serbuk kayu jati merupakan produk samping industri pengolahan kayu yang mengandung selulosa dan lignin, sehingga dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan stabilitas struktural komposit (Priyono Kusumo, 2020) (Wahidin Nuriana, 2022).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan serat alami pada material komposit mampu meningkatkan sifat mekaniknya secara signifikan. Nuraina (2022) melaporkan bahwa komposit yang diperkuat dengan serat daun pandan dan serbuk kayu jati dalam matriks poliester mencapai kekuatan tarik sebesar 30,28 N/mm². Sementara itu, Sunardi dkk. (2014) menemukan bahwa orientasi serat pada komposit berbasis pandan berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impact, dengan orientasi serat vertikal menghasilkan sifat mekanik terbaik. Penelitian oleh Aditya Tresnajaya (2023) juga menunjukkan bahwa komposit hibrida serat bambu dan pandan mencapai ketahanan impact optimal pada rasio serat yang seimbang.

Berdasarkan temuan-temuan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik mekanik komposit hibrida berbahan dasar serat daun pandan dan serbuk kayu jati dengan matriks resin poliester. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan fraksi volume serat dan serbuk (5%, 10%, dan 15%) serta lama perendaman dalam larutan NaOH 5% (1 jam, 3 jam, dan 5 jam) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan impact dan kekuatan lentur komposit.

Rancangan percobaan menggunakan pendekatan Response Surface Methodology (RSM) dengan Central Composite Design (CCD) guna menganalisis interaksi antarvariabel. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah menentukan komposisi dan perlakuan terbaik untuk menghasilkan material komposit yang ramah lingkungan dan memiliki potensi aplikasi pada joran pancing maupun komponen struktural lainnya.

METODE



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental untuk mengevaluasi kekuatan impact komposit hibrida yang terbuat dari serat daun pandan (*Pandanus tectorius*) dan serbuk kayu jati (*Tectona grandis*) yang diperkuat dengan matriks resin poliester. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume serat dan serbuk, serta lama perlakuan alkali, terhadap kinerja mekanik material komposit.

Eksperimen dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada periode Februari hingga Juli 2025. Proses penelitian diawali dengan persiapan serat daun pandan. Serat terlebih dahulu dicuci dan direndam dalam air bersih selama tujuh hari untuk menghilangkan kotoran dan jaringan lunak. Selanjutnya, serat direndam dalam larutan NaOH 5% dengan variasi waktu 1 jam, 3 jam, dan 5 jam untuk meningkatkan kekasaran permukaan, mengurangi kandungan lignin dan hemiselulosa, serta memperbaiki daya rekat dengan matriks resin. Setelah proses perendaman, serat dicuci dengan air bersih, dijemur hingga kering, lalu dipotong menjadi ukuran pendek dengan orientasi acak.

Sementara itu, serbuk kayu jati digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) dan diayak terlebih dahulu untuk memastikan keseragaman ukuran partikel. Serbuk tersebut kemudian dicampurkan dengan resin poliester dan katalis pengeras (*hardener*) dalam variasi fraksi volume 5%, 10%, dan 15%, dengan sisa 70% digunakan untuk matriks resin. Spesimen uji dibuat berdasarkan standar ASTM D256 untuk pengujian impact metode Charpy. Campuran resin, serat, dan serbuk dituangkan ke dalam cetakan yang telah disiapkan, kemudian dibiarkan mengeras pada suhu ruang hingga padat. Setelah proses pengerasan, spesimen dilepaskan dari cetakan, dirapikan, dan disesuaikan dengan dimensi standar uji.

Pengujian impact dilakukan menggunakan alat GOTECH Charpy Impact Tester (Model GT-7045) dengan bandul seberat 2,5 kg, panjang lengan 0,4 m, dan sudut jatuh awal 150°. Setiap spesimen diletakkan secara horizontal di atas tumpuan dan dipukul pada bagian takik oleh bandul untuk mengukur energi benturan yang diserap hingga patah. Nilai kekuatan impact (kJ/m^2) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$HI = \frac{E}{A}$$

dengan keterangan:

HI = kekuatan impact (kJ/m^2)

E = energi yang diserap (Joule)

A = luas penampang di bawah takik (mm^2)

Setiap variasi pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk memastikan konsistensi dan akurasi data. Data hasil pengujian dianalisis menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM) untuk mengevaluasi hubungan antara komposisi serat, fraksi pengisi, dan lama perendaman. Analisis ini menghasilkan kombinasi parameter paling efektif yang memberikan kekuatan impact tertinggi, serta menunjukkan potensi komposit hibrida berbasis serat alami sebagai alternatif material berkelanjutan untuk aplikasi struktural ringan seperti joran pancing.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan rasio benda uji

Pada tahap pengujian, serat pandan yang digunakan direndam dalam air dengan variasi waktu perendaman: 1 jam, 3 jam, dan 5 jam. Selanjutnya, fraksi volume serat dan serbuk kayu jati divariasikan masing-masing sebesar 5%, 10%, dan 15%. Penelitian ini dilakukan dengan tiga kali replikasi untuk setiap perlakuan. Hasil perhitungan rasio benda uji disajikan dalam tabel, seperti yang ditunjukkan pada Tabel [1].

Tabel 1 Hasil Perhitungan Rasio Benda Uji Impact

Fraksi volume serat dan serbuk(%)	Berat serat (g)	Berat serbuk (g)	Berat resin (g)	Berat Katalis (g)
5%	0,05	0,11	2,18	0,6
10%	0,10	0,23	2,18	0,6
15%	0,15	0,35	2,18	0,6

Proses Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data untuk penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang terorganisir secara sistematis. Tahap awal diawali dengan tinjauan pustaka untuk mendapatkan landasan teori yang mendukung penelitian. Tahap selanjutnya adalah pembuatan spesimen uji, yang disesuaikan dengan standar ASTM D256 untuk uji impact. Spesimen uji terbuat dari material komposit berbasis resin poliester yang diperkuat dengan serat pandan duri dan debu kayu jati, dengan variasi waktu perendaman serat serta fraksi volume serat dan debu. Secara total, terdapat 20 kombinasi perlakuan, dan setiap kombinasi direplikasi tiga kali untuk memastikan validitas data. Spesimen cetak diberi kode untuk membedakan setiap kombinasi, dan dokumentasi visual ditunjukkan pada Gambar [2].



Gambar 2 Spesimen Uji Impact

Setelah spesimen uji impact dicetak dan ditandai, langkah selanjutnya adalah menyiapkan peralatan uji impact. Pengujian dilakukan dengan menjatuhkan bandul dari posisi awalnya untuk menumbuk spesimen, sehingga diperoleh sudut akhir (β), yang menunjukkan besarnya energi yang diserap spesimen saat impact. Spesimen setelah uji impact ditunjukkan pada Gambar [3].



Gambar 3 Spesimen Setelah Uji Impact

Hasil Penelitian

Pengujian impact dilakukan menggunakan Alat Uji Impact GOTECH Model GT-7045 untuk menentukan sudut akhir (β). Sudut ini digunakan sebagai dasar perhitungan kekuatan impact. Perhitungan dilakukan secara manual, dan data yang diperoleh diolah lebih lanjut untuk memenuhi tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Nilai kekuatan uji impact ditunjukkan pada Tabel [2].

Tabel 2 Hasil Rata-rata Kekuatan Uji Impak

NO	Rasio Volume Serbuk Dan Serat %	Perendaman	Hasil Pengujian Impak (kJ/m ²)			
			1	2	3	Rata-rat
1	15%/15%	1 Jam	10,51	7,59	10,51	9,53666
2	15%/5%	1 Jam	7,59	7,59	4,96	6,71333
3	10%/10%	1 Jam	7,59	7,59	10,51	8,56333
4	5%/15%	1 Jam	4,96	7,59	4,96	5,83666
5	5%/5%	1 Jam	2,51	2,51	4,96	3,32666
6	10%/10%	3 Jam	7,59	10,51	7,59	8,56333
7	10%/10%	3 Jam	7,59	13,14	7,59	9,44
8	10%/10%	3 Jam	7,59	10,51	4,96	7,68666
9	10%/10%	3 Jam	19,5	10,51	10,51	13,50666
10	10%/10%	3 Jam	10,51	7,59	7,59	8,56333
11	10%/10%	3 Jam	7,59	4,96	4,96	5,83666
12	10%/10%	3 Jam	7,59	10,51	7,59	8,56333
13	10%/10%	3 Jam	10,51	10,51	7,59	9,53666
14	10%/10%	3 Jam	13,14	10,51	7,59	10,41333
15	10%/10%	3 Jam	19,5	13,14	10,51	14,38333
16	15%/15%	5 Jam	19,5	13,14	13,14	15,26
17	15%/5%	5 Jam	10,51	10,51	7,9	9,64
18	10%/10%	5 Jam	7,59	10,51	7,59	8,56333
19	5%/15%	5 Jam	7,59	10,51	4,96	7,68666
20	5%/5%	5 Jam	4,96	2,51	4,96	4,14333

Berdasarkan data pada tabel, dapat dilihat bahwa berbagai parameter yang digunakan memengaruhi nilai kekuatan impact setiap spesimen, sehingga menghasilkan variasi nilai dari satu spesimen ke spesimen lainnya. Dalam penelitian ini, kekuatan lentur tertinggi terdapat pada serbuk dan serat dengan rasio volume 15%:15% dan waktu perendaman 5 jam, sementara nilai kekuatan impact terendah terdapat pada serbuk dan serat dengan rasio volume 5%:5% dan waktu perendaman 1 jam.

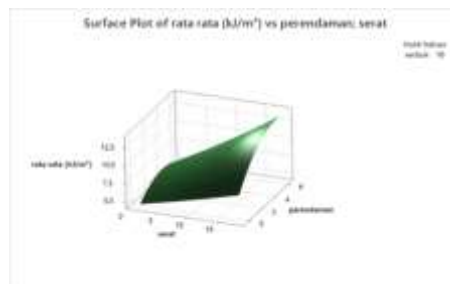
Impact Strength Graph



Gambar 4 Grafik Kekuatan Impact

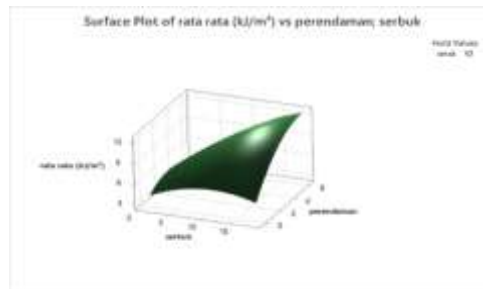
Dari gambar [4] dapat dilihat bahwa grafik kekuatan impact tertinggi tercatat pada perlakuan ke-16, yaitu dengan perbandingan serbuk dan serat sebesar 15%:15% dan lama perendaman selama 5 jam, dengan nilai rata-rata sebesar 15,26 kJ/m². Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi komposisi yang seimbang dan lama perendaman yang optimal dapat memberikan peningkatan kekuatan struktur komposit secara signifikan. Sebaliknya, pada perlakuan ke-5 dengan perbandingan 5%:5% dan lama perendaman hanya 1 jam menunjukkan nilai kekuatan impact terendah, yaitu sebesar 3,26 kJ/m². Hal ini menunjukkan bahwa kadar komposisi yang rendah disertai dengan lama perendaman yang singkat kurang efektif dalam memperkuat material komposit.

Response Surface Plot Uji Impact



Gambar 5 Response Surface Kekuatan Impact Vs Serat Dan Perendaman

Dari gambar [5] diketahui bahwa persentase serat sedikit mempengaruhi kekuatan lentur tetapi perendaman sangat mempengaruhi kekuatan lentur. Semakin lama perendaman, semakin besar kekuatan impaknya.



Gambar 6 Response Surface Kekuatan Impak Vs Serbuk Dan Perendaman

Dari gambar [6] diketahui bahwa persentase serbuk 0 sampai 10 mempengaruhi kekuatan impact sedangkan persentase serbuk 15 mengalami penurunan tetapi perendaman sangat mempengaruhi kekuatan impact. Semakin lama perendaman, semakin besar kekuatan impact.

PENUTUP

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya mengenai topik pengujian karakteristik komposit hibrida serat daun pandan dan serbuk kayu jati dengan resin poliester pada uji impact, diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Variasi fraksi volume serat daun pandan (5%, 10%, dan 15%) memberikan pengaruh yang terbatas terhadap kekuatan lentur, tetapi menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan impact. Nilai kekuatan impact tertinggi tercatat pada komposisi serat 15% dengan waktu perendaman 5 jam, yaitu sebesar 15,26 kJ/m², sedangkan nilai terendah terdapat pada komposisi serat 5% dengan waktu perendaman 1 jam, yaitu sebesar 3,26 kJ/m².
2. Lama perendaman serat dalam larutan NaOH 5% berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekuatan impact. Semakin lama waktu perendaman, nilai kekuatan yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh proses perendaman yang meningkatkan kekasaran permukaan serat dan menghilangkan lignin, sehingga meningkatkan daya rekat antara serat dan matriks resin. Perlakuan perendaman selama 5 jam secara konsisten menghasilkan nilai impact tertinggi (15,26 kJ/m²).
3. Berdasarkan analisis Response Surface Methodology (RSM), ditemukan bahwa interaksi antara fraksi volume serat pandan, perendaman, serbuk kayu jati, dan perendaman secara signifikan memengaruhi sifat mekanik komposit. Komposisi serat dan serbuk yang seimbang (15%:15% dan 10%:10%) yang dikombinasikan dengan waktu perendaman 5 jam menghasilkan kinerja terbaik dalam hal kekuatan impact..

DAFTAR RUJUKAN

- Adyatama, A., Nur, H., & Ramadhani, F. (2023). The effect of alkali treatment on the tensile and impact strength of natural fiber composites. *Journal of Engineering Materials*, 12(2), 101–109.
- Bekele, A. E., Lemu, H. G., & Jiru, M. G. (2023). Study of the effects of alkali treatment and fiber orientation on mechanical properties of Enset/Sisal polymer hybrid composite. *Journal of Composites Science*, 7(1), 37. <https://doi.org/10.3390/jcs7010037>
- Ferriawan, Y. (2019). Analysis of mechanical properties of composite materials using natural fibers as reinforcement. *Journal of Mechanical Engineering Applications*, 7(3), 145–152.
- Ibrahim, S. (2022). Effect of natural fiber composition on the impact resistance of hybrid composites. *International Journal of Materials Science and Engineering*, 10(4), 65–74.
- Kusumo, P. (2020). Mechanical characterization of teak wood powder reinforced polyester composites. *Indonesian Journal of Polymer Science*, 5(1), 33–41.

- Nuraina, W. (2022). Optimization of mechanical properties of pandan leaf fiber and teak wood powder hybrid composites using Response Surface Methodology (RSM). *Journal of Mechanical Materials Research*, 8(2), 122–129.
- Priyono, K., & Wahidin, N. (2022). Analysis of tensile strength and surface morphology of natural fiber composites. *Journal of Applied Engineering Science*, 6(4), 77–84.
- Sunardi, H., Hidayat, A., & Rahman, D. (2014). Effect of fiber orientation on the tensile and impact strength of pandan leaf fiber composites. *International Journal of Composite Engineering*, 3(1), 21–27.
- Tresnajaya, A., & Rahayu, F. (2023). Study on the mechanical performance of bamboo–pandan hybrid composites under impact loading. *Journal of Renewable Material Engineering*, 11(2), 88–95.
- Verma, D., & Goh, K. L. (2021). Effect of mercerization/alkali surface treatment of natural fibres and their utilization in polymer composites: Mechanical and morphological studies. *Journal of Composites Science*, 5(7), 175. <https://doi.org/10.3390/jcs5070175>
- Wahidin, N. (2022). Hybridization effect of natural fibers and fillers on the ductility and impact performance of polyester composites. *Mechanical Science Letters*, 9(3), 56–63.