



## Pengaruh Arah Serat dan Fraksi Volume terhadap Kekuatan *Impact* Komposit Serat Tebu (*Sugar Cane Fiber*) Epoxy

Moch Rakha Naufal Athilah<sup>1\*</sup>, Widjanarko<sup>2</sup>

<sup>1-2</sup>Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Malang

Alamat: Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur, 65141

Korespondensi penulis: [rakanaufalnaufal@gmail.com](mailto:rakanaufalnaufal@gmail.com)

**Abstract:** This study aims to examine the effect of fiber orientation and volume fraction on the impact strength of sugarcane fiber–epoxy composites. Sugarcane fiber is considered a promising natural reinforcement material due to its lightweight, renewable nature, and environmental friendliness. Specimens were fabricated using the vacuum bagging method with fiber orientations of 0°, 60°, 90°, and random, and volume fractions of 5%, 10%, 15%, and 20%. Impact testing was conducted according to ASTM D6110-10 to determine absorbed energy and impact strength. The results show that both fiber orientation and volume fraction significantly influence impact strength. The highest impact strength was achieved with a 15% volume fraction and 0° fiber orientation, reaching 0.085 J/mm<sup>2</sup> or an absorbed energy of 8.5 Joules. In contrast, the lowest value was recorded at a 15% volume fraction with 90° fiber orientation, yielding 0.018 J/mm<sup>2</sup> or 1.8 Joules. The interaction between these variables also contributed significantly to enhancing material toughness. These findings highlight the importance of optimizing fiber orientation and volume fraction in designing natural fiber-based composites for lightweight structural applications

**Keywords:** Composite, Sugarcane Fiber, Epoxy, Fiber Orientation, Volume Fraction, Impact Strength.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh arah serat dan fraksi volume terhadap kekuatan impact komposit berbahan dasar serat tebu (*sugar cane fiber*) dan resin epoxy. Pemanfaatan serat tebu sebagai bahan penguat alami dinilai menjanjikan karena sifatnya yang ringan, terbarukan, dan ramah lingkungan. Spesimen dibuat menggunakan metode *vacuum bagging*, dengan variasi arah serat 0°, 60°, 90°, dan acak, serta fraksi volume 5%, 10%, 15%, dan 20%. Pengujian impact dilakukan berdasarkan standar ASTM D6110-10 untuk mengetahui energi serap dan kekuatan impact. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arah serat dan fraksi volume berpengaruh signifikan terhadap kekuatan impact. Nilai kekuatan impact tertinggi diperoleh pada kombinasi fraksi volume 15% dan arah serat 0°, yaitu sebesar 0,085 J/mm<sup>2</sup> atau setara dengan energi serap 8,5 Joule. Sebaliknya, nilai kekuatan impact terendah tercatat pada kombinasi fraksi volume 15% dan arah serat 90°, yaitu sebesar 0,018 J/mm<sup>2</sup> atau setara dengan energi serap 1,8 Joule. Interaksi antara kedua variabel tersebut juga menunjukkan kontribusi yang signifikan terhadap ketangguhan material. Temuan ini menunjukkan pentingnya optimasi arah serat dan fraksi volume dalam merancang material komposit berbasis serat alam untuk aplikasi struktural ringan.

**Kata kunci:** Komposit, Serat Tebu, Epoxy, Arah Serat, Fraksi Volume, Kekuatan Impact.

### 1. LATAR BELAKANG

Permasalahan lingkungan dan kebutuhan industri akan material yang ramah lingkungan telah mendorong banyak penelitian dalam pengembangan bahan komposit berbasis serat alam. Salah satu sumber serat alam yang berpotensi tinggi tetapi belum dimanfaatkan secara maksimal adalah limbah ampas tebu. Serat tebu dikenal memiliki sifat mekanik yang cukup baik, ringan, murah, dan ramah lingkungan. Selain itu, pemanfaatan limbah ini juga berkontribusi dalam pengurangan limbah organik serta membuka peluang sebagai alternatif pengganti serat sintesis dalam industri material komposit.

Penggunaan serat tebu dalam komposit memerlukan perhatian khusus pada aspek teknis, seperti arah orientasi serat dan proporsi fraksi volumenya. Arah serat berperan penting dalam menentukan arah dominan kekuatan material, sedangkan fraksi volume menentukan seberapa besar kontribusi serat terhadap sifat mekanik komposit. Dalam aplikasinya, faktor-faktor tersebut sangat memengaruhi performa akhir dari komposit, terutama dalam menahan beban kejut atau tumbukan. Untuk menghasilkan komposit yang optimal, dibutuhkan keseimbangan antara distribusi serat dan matriks, serta pengaturan orientasi serat yang tepat.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh arah serat ( $0^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan acak) serta fraksi volume (5%, 10%, 15%, dan 20%) terhadap kekuatan *impact* dari komposit serat tebu dengan matriks *epoxy*. Pembuatan spesimen dilakukan menggunakan metode *vacuum bagging*, dan pengujian *impact* mengacu pada standar ASTM D6110-10. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan material komposit alami yang tidak hanya kuat dan ringan, tetapi juga berkelanjutan dari sisi lingkungan dan ekonomi.

## 2. KAJIAN TEORITIS

Penelitian ini berlandaskan pada sejumlah studi terdahulu yang relevan mengenai pemanfaatan serat alam dalam komposit, khususnya serat dari limbah ampas tebu. Salah satu penelitian yang menjadi rujukan adalah dari Sukamto et al. (2021), yang menganalisis kekuatan tarik dan impact komposit berpenguat serat tebu. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa orientasi serat berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik komposit. Arah serat sejajar menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 22,75 MPa, sedangkan arah serat acak menunjukkan nilai impact tertinggi mencapai 0,096 J/mm<sup>2</sup>. Hal ini menegaskan pentingnya pengaturan orientasi serat dalam menentukan performa material komposit.

Penelitian lain dari Sabarudin dkk. (2019) juga menunjukkan bahwa arah serat dan variasi fraksi volume memengaruhi kekuatan tarik komposit berbasis serat tebu. Dengan menggunakan variasi penyusunan serat (searah, acak, dan sudut  $45^\circ$ ), serta fraksi volume 10% hingga 40%, didapat bahwa kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada fraksi volume 30% dengan susunan searah sebesar 101,78 MPa. Temuan ini mendukung asumsi bahwa distribusi dan arah serat memiliki kontribusi besar dalam menentukan sifat mekanik komposit, termasuk kekuatan terhadap benturan atau *impact*.

Berdasarkan hasil-hasil tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji lebih lanjut pengaruh variasi arah serat ( $0^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan acak) serta fraksi volume (5%, 10%, 15%, dan 20%) terhadap kekuatan *impact* dari komposit serat tebu – *epoxy*. Komposit dibuat

menggunakan metode *vacuum bagging* yang dikenal efektif untuk menghasilkan distribusi resin dan serat yang merata serta mengurangi *void*.

Hipotesis dalam penelitian ini menyatakan bahwa arah serat dan fraksi volume memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan *impact*, baik secara individu maupun dalam interaksinya. Dengan pendekatan eksperimental dan analisis statistik ANOVA, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan komposit berbasis serat alam sebagai alternatif material ramah lingkungan.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen dan pengolahan data secara statistik. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh arah serat dan variasi fraksi volume terhadap kekuatan *impact* komposit berbasis serat tebu dengan matriks resin *epoxy*. Pembuatan spesimen dilakukan di Laboratorium Teknik Material, sedangkan pengujian *impact* dilaksanakan di Laboratorium Uji Material sesuai dengan standar ASTM D6110-10. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi arah serat dan fraksi volume yang memberikan hasil kekuatan *impact* tertinggi, serta mengamati interaksi antara kedua variabel tersebut.

Metode pembuatan komposit dilakukan menggunakan teknik *vacuum bagging*, yaitu proses pengepresan dan pengeringan menggunakan vakum untuk memastikan resin tersebar merata dan meminimalkan cacat (*void*) dalam komposit. Bahan yang digunakan adalah serat ampas tebu yang telah diberikan perlakuan alkali NaOH 5%, 10%, dan 15%, serta resin *epoxy* dengan hardener sebagai matriks pengikat. Variasi arah serat yang digunakan adalah 0°, 60°, 90°, dan acak, sementara variasi fraksi volume serat yang diuji adalah 5%, 10%, 15%, dan 20%.

Desain penelitian menggunakan rancangan faktorial  $4 \times 4$ , yang berarti terdapat 4 level arah serat dan 4 level fraksi volume, menghasilkan total 16 kombinasi perlakuan. Masing-masing kombinasi diuji sebanyak 3 kali, sehingga total terdapat 48 data pengujian. Data kekuatan *impact* dihitung dari energi serap spesimen dibagi luas penampang spesimen, lalu dianalisis menggunakan ANOVA dua arah untuk melihat pengaruh signifikan dari masing-masing variabel dan interaksinya. Proses analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik Minitab untuk memperoleh nilai F, signifikansi (*p-value*), dan grafik interaksi.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Hasil Data Pengujian *Impact*

Setelah didapat nilai energi serap, selanjutnya menghitung harga impact dengan menggunakan rumus persamaan 2.2 adalah sebagai berikut:

Dari Contoh perhitungan hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa pada sudut akhir 85° diperoleh harga *impact* sebesar 0,032 J/mm<sup>2</sup>. Sehingga didapatkan data dan dimasukkan kedalam tabel. Pada tabel 4.1 berikut merupakan data dari hasil pengujian *impact* yang telah dihitung.

**Tabel 1.** Nilai Harga *Impact* Komposit

Fraksi Volume Serat	Arah Serat	Hasil (J/mm <sup>2</sup> )			Rata – Rata Kekuatan <i>Impact</i> (J/mm <sup>2</sup> )
		1	2	3	
5%	0°	0,017	0,020	0,018	0,018
	60°	0,059	0,060	0,060	0,059
	90°	0,051	0,053	0,052	0,052
	Acak	0,084	0,080	0,082	0,082
10%	0°	0,059	0,061	0,060	0,063
	60°	0,053	0,055	0,052	0,053
	90°	0,034	0,036	0,035	0,035
	Acak	0,069	0,070	0,068	0,069
15%	0°	0,085	0,086	0,084	0,085
	60°	0,76	0,80	0,77	0,077

	90°	0,018	0,019	0,017	0,018
	Acak	0,052	0,050	0,051	0,051
20%	0°	0,026	0,027	0,025	0,026
	60°	0,061	0,063	0,62	0,062
	90°	0,051	0,053	0,051	0,051
	Acak	0,062	0,063	0,062	0,062

### B.Rumus Pengambilan Data

Diketahui :  $\theta_1 = 90^\circ$                        $L = 0,6 \text{ m}$   
 $\theta_2 = 87^\circ$                                        $g = 9,8 \text{ m/s}^2$   
 $m = 8,3 \text{ kg}$

Ditanya :  $E_{serap} ?$

Jawab :  $E_{serap} = E_1 - E_2$

$$E_{serap} = m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2$$

$$E_{serap} = m \cdot g \cdot (h \times \cos \beta) - (h \times \cos \alpha)$$

$$E_{serap} = m \cdot g \cdot h \cdot (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$E_{serap} = 8,3 \times 9,8 \times 0,6 \times (\cos 87^\circ - \cos 90^\circ)$$

$$E_{serap} = 2,55 \text{ Joule}$$

Setelah didapat nilai energi serap, selanjutnya menghitung harga impact dengan menggunakan rumus persamaan 2.2 adalah sebagai berikut:

Diketahui :  $E_{serap} = 2,55 \text{ Joule}$

Lebar spesimen = 10 mm Tebal

spesimen = 10 mm

Ditanya : Harga *Impact* (HI)

$$E$$

Jawab : HI = —

$$\begin{aligned}
 & A \\
 HI &= \frac{2,55}{10 \times 10} \\
 &= 0,025 \text{ J/mm}^2
 \end{aligned}$$

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh arah serat dan fraksi volume terhadap kekuatan *impact* pada komposit serat tebu berbasis resin *epoxy*. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Charpy* sesuai standar ASTM D6110-10. Data hasil pengujian kemudian dianalisis secara statistik menggunakan perangkat lunak Minitab versi 18, dengan pendekatan analisis varians (ANOVA).

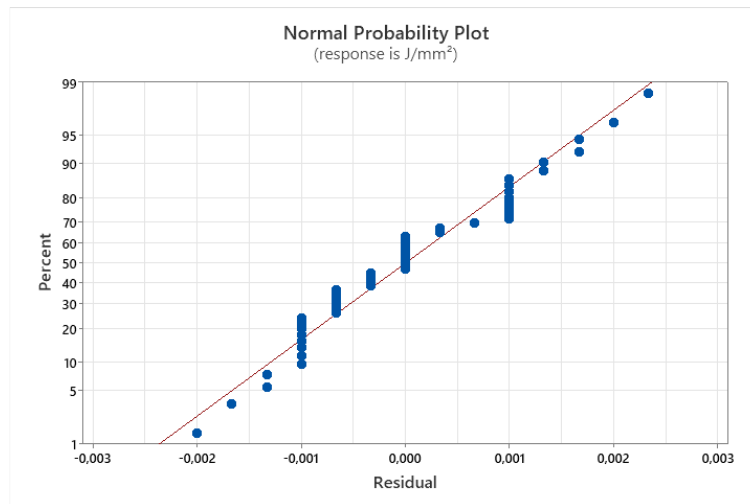
**Tabel 2.** *Analysis of Variance*

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Fraksi Volume	3	0,000351	1,81%	0,000351	0,000117	76,97	0,000
Arah serat	3	0,005916	30,46%	0,005916	0,001972	126,53	0,000
Fraksi Volume*Arah serat	9	0,013102	67,49%	0,013102	0,001456	937,69	0,000
Error	32	0,000049	0,25%	0,000049	0,000002		
Total	47	0,019424	100,00%				

**Tabel 2.** Hasil analysis of Variance

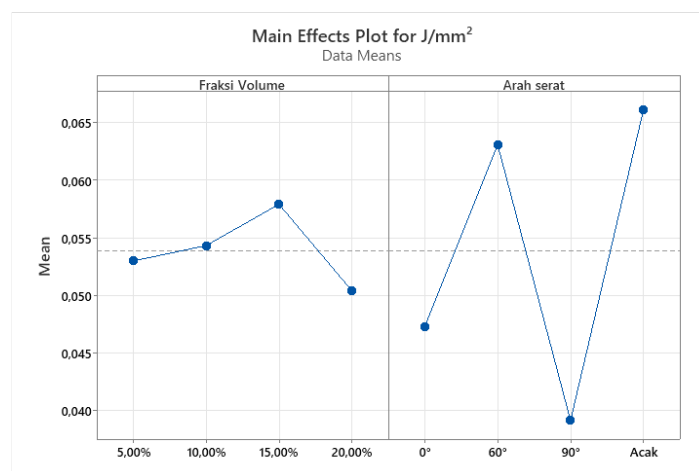
Berdasarkan hasil uji *ANOVA* dua arah yang ditampilkan pada Tabel 4.2, diketahui bahwa baik arah serat maupun fraksi volume, serta interaksi keduanya, memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan *impact* spesimen. Hal ini ditunjukkan oleh nilai *P-Value* = 0,000 untuk ketiga faktor tersebut, yang berarti lebih kecil dari taraf signifikansi 0,05. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa variasi arah serat, fraksi volume, dan kombinasinya secara statistik berpengaruh nyata terhadap hasil kekuatan *impact* komposit.

**Grafik 1.** Uji normalitas (kolmogorov smirnov)



Untuk memastikan validitas model yang digunakan, dilakukan pengujian terhadap asumsi-asumsi dasar seperti normalitas residual. Berdasarkan hasil *Normal Probability Plot* pada Tabel 4.4, tampak bahwa data residual menyebar secara mendekati garis diagonal. Hal ini menunjukkan bahwa data residual berdistribusi normal, sehingga model statistik yang digunakan dapat diterima dan layak dianalisis lebih lanjut menggunakan *ANOVA*.

**Grafik 2.** *Main Effect Plot*

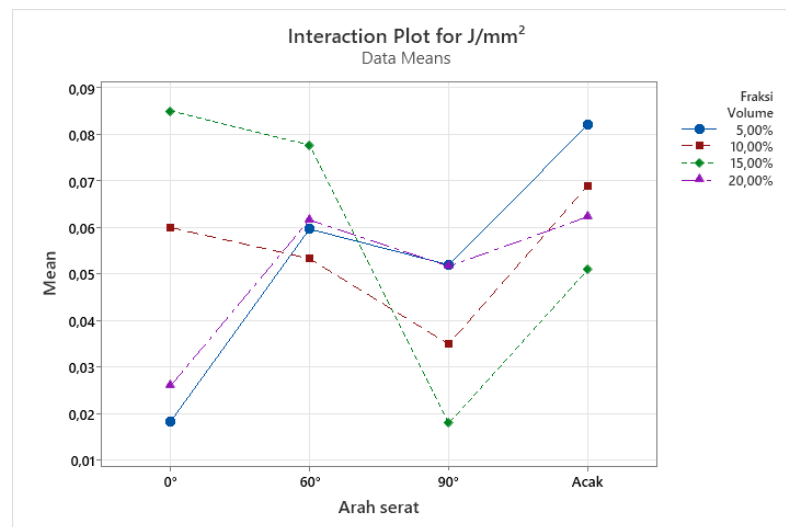


Gambar di atas menyajikan *main effect plot* untuk dua variabel bebas, yaitu fraksi volume serat dan arah serat, terhadap respons berupa kekuatan impact komposit dalam satuan J/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan grafik, terlihat bahwa peningkatan fraksi volume dari 5% hingga 15% menyebabkan kenaikan nilai rata-rata kekuatan *impact*, dengan puncaknya tercapai pada fraksi volume 15%. Namun, pada fraksi volume 20%, terjadi penurunan nilai *impact*, yang mengindikasikan bahwa penambahan serat melebihi batas optimal justru menurunkan kemampuan material dalam menyerap energi tumbukan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh

aglomerasi serat yang menghambat aliran resin, sehingga mengurangi integritas mekanik komposit.

Sementara itu, pada faktor arah serat arah serat  $90^\circ$  menghasilkan nilai kekuatan *impact* terendah, yang mengindikasikan bahwa susunan serat tegak lurus terhadap arah tumbukan cenderung lemah dalam menyerap energi. Sebaliknya, arah serat acak menunjukkan nilai rata-rata kekuatan *impact* tertinggi, diikuti oleh arah  $60^\circ$ , yang mencerminkan bahwa susunan serat yang lebih menyebar atau tidak teratur cenderung lebih efektif dalam mendistribusikan gaya benturan secara merata ke seluruh matriks. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa baik peningkatan fraksi volume hingga tingkat optimal maupun pemilihan arah serat yang sesuai (dalam hal ini arah acak) memiliki pengaruh nyata dalam meningkatkan ketangguhan komposit terhadap beban *impact*.

**Grafik 3.** Interaction plot



Berdasarkan *Interaction Plot* pada Tabel 4.6, kombinasi arah serat dan fraksi volume menunjukkan interaksi yang signifikan terhadap kekuatan *impact*. Kombinasi terbaik diperoleh pada arah serat acak dengan fraksi volume 15%, yang menghasilkan kekuatan *impact* tertinggi sebesar  $0,085 \text{ J/mm}^2$ . Sedangkan kombinasi arah serat  $90^\circ$  dengan fraksi volume 20% menghasilkan kekuatan *impact* terendah sebesar  $0,051 \text{ J/mm}^2$ .

Temuan ini menunjukkan bahwa tidak hanya faktor individual (arah serat dan fraksi volume) yang berpengaruh, namun kombinasi keduanya turut memberikan kontribusi penting terhadap ketangguhan material. Interaksi ini penting untuk diperhatikan dalam perancangan komposit berbasis serat alam.

## KESIMPULAN DAN SARAN

**Gambar 1.** Gambar spesimen

Hasil penelitian menunjukkan bahwa arah serat dan interaksi antara fraksi volume dengan arah serat berpengaruh signifikan terhadap nilai energi *impact* ( $J/mm^2$ ), sedangkan fraksi volume secara individu juga menunjukkan pengaruh signifikan namun dengan kontribusi yang lebih kecil. Arah serat menyumbang sekitar 30,46% terhadap variabilitas data, sedangkan interaksi antara fraksi volume dan arah serat merupakan faktor dominan dengan kontribusi sebesar 67,49%.

Fraksi volume 15% dan arah serat acak memberikan performa tertinggi, menunjukkan bahwa kombinasi ini memiliki ketahanan *impact* paling baik. Sementara itu, arah serat  $90^\circ$  secara konsisten menghasilkan nilai impak yang paling rendah, menandakan orientasi ini paling rentan terhadap beban *impact*. Grafik interaksi memperkuat temuan ini dengan menunjukkan pola peningkatan dan penurunan yang tajam tergantung pada kombinasi kedua variabel. Uji normalitas residual memperlihatkan bahwa data mengikuti distribusi normal, sehingga model statistik yang digunakan valid untuk interpretasi lebih lanjut.

Beberapa anomali atau penyebaran nilai yang tidak merata kemungkinan disebabkan oleh variabilitas mikroskopik pada struktur material atau ketidaksempurnaan dalam proses fabrikasi, yang perlu menjadi perhatian pada tahap produksi selanjutnya.

Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut direkomendasikan untuk mengevaluasi pengaruh variabel untuk mengevaluasi pengaruh variabel tambahan seperti metode pencampuran, jenis resin, atau suhu curing terhadap sifat mekanik komposit.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih khusus disampaikan kepada dosen pembimbing Widjanarko, S.T., M.T., atas bimbingan dan arahannya yang sangat berharga. Terima kasih juga disampaikan kepada Jurusan Teknik Mesin

Politeknik Negeri Malang serta semua rekan dan pihak yang terlibat dalam proses penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi dasar bagi pengembangan penelitian lebih lanjut di bidang material komposit berbasis serat alam.

## DAFTAR REFERENSI

- Aden, S. (2022). *Pengaruh fraksi volume dan variasi perendaman NaOH terhadap kekuatan tarik dan impak komposit berpenguat serat ampas tebu* [Skripsi, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung].
- Bahtiar, A. D. (2023). Rekayasa limbah selaput biji mangga podang dan epoksi sebagai material komposit. *Jurnal Teknik Mesin Polinema*, 2(2), 258–262.
- Dewi, R. A. M. (2019). *Pengaruh fraksi volume serat bambu terhadap kemampuan peredam akustik pada komposit unidirectional serat/polyester* [Skripsi].
- Dwiyati, S. T. (2014). Pengaruh fraksi volume serat terhadap sifat mekanik komposit serat tebu/poliester. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 164–168.
- Faizal, M., & Pramono, C. (2023). Pengaruh orientasi serat ampas tebu pada bahan komposit dengan matrik epoxy terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impak. *Senaster: Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan*, 4(1).
- Fikri, M. A., & Sofiyani, E. (2024). Analisis uji bending komposit serat daun nanas dan partikel pasir besi dengan metode vacuum bagging. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 10(2), 258–264.
- Handoko, D. (2022). Perancangan uji impact Charpy dengan akuisisi data berbasis microcontroller Arduino. *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah*, 12(2), 39–44.
- Hartanto, L. (2009). *Studi perlakuan alkali dan fraksi volume serat terhadap kekuatan bending, tarik, dan impak komposit berpenguat serat rami bermatrik polyester BQTN 157* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta].
- He, L., Song, J., Kang, Y., & Takahashi, K. (2017). Numerical investigations of flow and passive pollutant exposure in high-rise deep street canyons. *Science of the Total Environment*, 584, 189–206. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.139>
- Iswan, C., Maryanti, B., & Arifin, K. (2018). Analisis perbandingan kekuatan variasi fraksi volume komposit serat ijuk terhadap sifat mekanis komposit dengan matriks resin epoksi. *Prosiding SNITT Poltekba*, 3(1), 36–43.
- Jalil, S. A., Zulkifli, Z., & Rahayu, T. (2017). Analisa kekuatan impak pada penyambungan pengelasan SMAW material ASSAB 705 dengan variasi arus pengelasan. *Jurnal Polimesin*, 15(2), 58–63.
- Naphali, J., Rahman, S. R., & Zakaria, S. (2024). The impact of capital market on manufacturing output: Evidence of causal relationship. *Journal of Arid Zone Economy*, 71–82.

- Nuruddin, M., Santoso, R. A., & Hidayati, R. A. (2018). Desain komposisi bahan komposit yang optimal berbahan baku utama limbah ampas serat tebu. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3, 53–58.
- Pambudi, R. L., & Yudiono, H. (2020). Pengaruh orientasi sudut serat pandan duri terhadap ketangguhan impact komposit sebagai material alternatif bumper mobil. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 12(2).
- Pramono, C., Widodo, S., & Ardiyanto, M. G. (2019). Karakteristik kekuatan tarik komposit berpenguat serat ampas tebu dengan matriks epoxy. *Journal of Mechanical Engineering*, 3(1), 1–7.
- Prihatno, A., & Haripriadi, B. D. (2020). Analisa pengaruh letak susunan serat ampas tebu terhadap kekuatan tarik menggunakan epoxy. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(3), 173.
- Sabarudin, A., Respati, S. M. B., & Dzulfikar, M. (2019). Pengaruh arah serat pada serat ampas tebu polymer composites. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 15(2).
- Siagian, D. E. N., & Putra, M. H. S. (2024). Serat alam sebagai bahan komposit ramah lingkungan. *CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(1), 55–60.
- Tauvana, A. I., Syafrizal, S., & Subekti, M. I. (2020). Pengaruh matrik resin-epoxy terhadap kekuatan impak dan sifat fisis komposit serat nanas. *Jurnal Polimesin*, 18(2), 99–104.
- Vaziri, A., & Nayeb-Hashemi, H. (2006). Dynamic response of composite beams repaired with bonded patches under peeling loads. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 26(5), 314–324. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2005.10.004>