

Pengaruh Komposisi Serat Rami Dan Konsentrasi Naoh Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Untuk Spakbor Motor Cross Menggunakan Metode Hand Lay Up

Muhamad Sandi ¹, Fabrobi Fazlur Ridha ², Dani Mardiyana ³

^a Teknik Mesin, Universitas Nusa Putra, Sukabumi, Indonesia

¹ muhamad.sandi_tm21@nusaputra.ac.id; ² fabrobi.fazlur@nusaputra.ac.id; ³ dani.mardiyana@nusaputra.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi serat rami dan konsentrasi larutan NaOH terhadap sifat mekanik komposit epoxy yang diaplikasikan sebagai bahan spakbor motor cross. Metode hand lay-up digunakan untuk memproduksi spesimen dengan fraksi volume serat sebesar 30%, 40%, dan 50%, serta dua tingkat konsentrasi larutan NaOH, yaitu 5% dan 10%. Pengujian mekanik dilakukan berdasarkan standar ASTM D6110 untuk uji dampak dan ASTM D3039 untuk uji tarik. Hasil uji dampak menunjukkan bahwa kombinasi fraksi serat 50% dan NaOH 10% menghasilkan energi dampak tertinggi, menandakan peningkatan ketangguhan akibat ikatan antar muka yang lebih kuat antara serat dan matriks. Sementara itu, pada pengujian tarik, kombinasi fraksi serat 50% dan NaOH 5% memberikan nilai tertinggi pada modulus elastisitas (2193 MPa) dan tegangan maksimum (67,17 MPa), menunjukkan kontribusi signifikan fraksi serat terhadap kekuatan tarik komposit. Namun, konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi berpotensi menurunkan kekuatan akibat degradasi serat. Secara keseluruhan, komposisi serat 50% dan perlakuan alkali NaOH 10% diidentifikasi sebagai kombinasi optimal untuk menghasilkan material komposit yang kuat, ringan, dan ramah lingkungan bagi aplikasi otomotif.

Kata Kunci

Serat Rami
Komposit Epoxy
NaOH
Uji Dampak
Uji Tarik
Hand Lay Up
Spakbor Motor Cross

1. Pendahuluan

Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan, industri otomotif modern sangat bergantung pada inovasi material, terutama untuk komponen yang membutuhkan kekuatan tinggi namun tetap ringan, seperti spakbor motor cross. Komponen ini harus mampu menahan beban mekanik dan benturan di medan ekstrem, sehingga dibutuhkan material yang tidak hanya kuat tetapi juga ringan dan tahan terhadap lingkungan korosif.

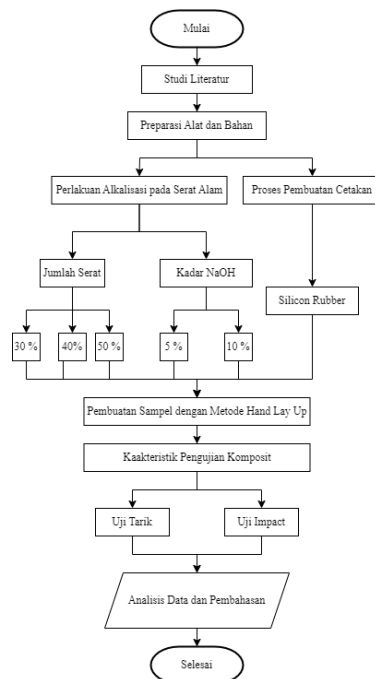
Material komposit berbasis serat alami seperti serat rami telah menunjukkan potensi besar dalam menggantikan serat sintesis seperti karbon atau kaca. Hal ini disebabkan oleh sifat mekanik serat rami yang baik, seperti kekuatan tarik tinggi, ketahanan terhadap sinar UV dan mikroorganisme, serta kepadatan yang rendah. Selain itu, serat rami bersifat biodegradable dan berasal dari sumber daya yang terbarukan, menjadikannya material yang ramah lingkungan dan ekonomis [1];[2];[3].

Agar dapat digunakan secara efektif sebagai bahan komposit, serat rami perlu melalui perlakuan permukaan untuk meningkatkan ikatan antar muka dengan matriks polimer. Perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan. NaOH bekerja dengan menghilangkan komponen non-selulosa seperti lignin dan hemiselulosa dari permukaan serat, sehingga permukaan menjadi lebih kasar dan meningkatkan luas kontak dengan resin. Hal ini telah terbukti secara signifikan meningkatkan sifat mekanik komposit, seperti kekuatan tarik dan dampak [4];[5].

Studi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi serat rami dan konsentrasi larutan NaOH terhadap kekuatan mekanik komposit epoxy. Informasi yang diperoleh dari analisis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting bagi pengembangan material alternatif yang ringan, kuat, dan ramah lingkungan, khususnya untuk aplikasi spakbor motor cross dalam industri otomotif.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variabel berupa fraksi volume serat rami (30%, 40%, 50%) dan konsentrasi NaOH (5% dan 10%). Spesimen dibuat dengan metode hand lay-up, menggunakan resin epoxy dan serat rami yang telah direndam larutan NaOH sesuai variasi. Pengujian mekanik dilakukan menggunakan standar ASTM D3039 untuk uji tarik dan ASTM D6110 untuk uji impak. Untuk mempermudah proses pada penelitian ini dibuat diagram alir seperti pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian.

2.1. Material

Penelitian ini menggunakan serat rami, resin epoksi, dan natrium hidroksida NaOH sebagai material utama dalam pembuatan material komposit spakbor motor cross. Serat rami berfungsi sebagai penguat alami, sedangkan kombinasi resin epoksi dan pati singkong membentuk matiks polimer. Untuk meningkatkan ikatan antar muka serat-matiks, perlakuan alkalisasi pada serat dilakukan menggunakan larutan NaOH.

Tabel 1 Spesifikasi dan keterangan bahan penelitian.

Material	Spesifikasi
Serat Rami	Serat alami kering
Resin Epoksi	Resin epoksi + Hardener
NaOH	5% dan 10%

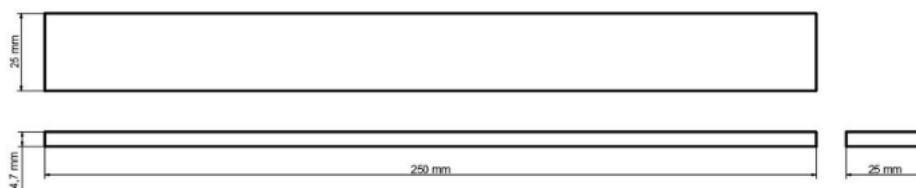
2.2. Proses Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dalam penelitian ini menggunakan metode Hand Lay-Up, yang dikenal sebagai teknik fabrikasi komposit manual yang sederhana namun efektif untuk produksi berskala kecil dan penelitian. Untuk mendukung presisi spesimen uji, digunakan cetakan berbahan silicon rubber RTV-48, yang dibentuk sesuai dengan standar dimensi pengujian ASTM D3039 (uji tarik) dan ASTM D6110 (uji impak).

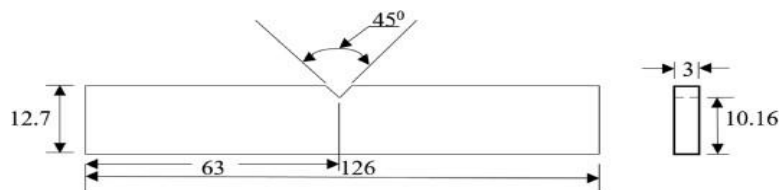
Tabel 2 Variasi jumlah serat dan kadar larutan NaOH

Jumlah Serat : Resin	Kadar Larutan NaOH
30% : 70%	5%
	10%
40% : 60%	5%
	10%
50% : 50%	5%
	10%

Berikut ini adalah desain untuk spesimen uji tarik ASTM D3039 dan uji impact ASTM D6110.



Gambar 2 Desain spesimen uji tarik ASTM D3039 [6].



Gambar 3 Desain spesimen uji impact ASTM D6110 [7].

Setelah proses pencampuran bahan dan pencetakan menggunakan metode hand lay-up selesai dilakukan, spesimen komposit dibiarkan mengering selama ± 24 jam. Hasil akhir dari spesimen uji impact yang telah mengeras dan siap untuk dilakukan pengujian dapat dilihat pada gambar 4.



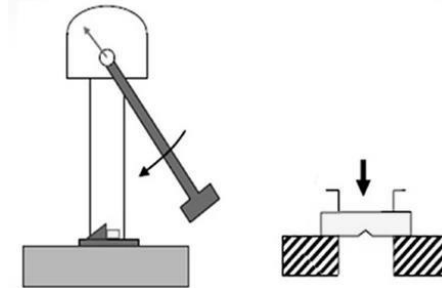
Gambar 4 Hasil pembuatan spesimen uji impact dan uji tarik.

2.3. Proses Pengujian Spesimen

2.3.1. Pengujian Impact

Skema proses pengujian impact ditampilkan pada Gambar 5, sedangkan alat uji yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 6, dan spesifikasinya disajikan pada Tabel 3. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D6110, yang digunakan untuk menentukan kekuatan impact material komposit berbentuk balok takik. Spesimen disiapkan sesuai dimensi standar,

kemudian diletakkan secara horizontal pada dua tumpuan alat uji dengan posisi takik menghadap arah datangnya palu pendulum. Palu dilepaskan secara otomatis untuk menghantam bagian tengah spesimen hingga patah. Nilai kekuatan impact dalam satuan kJ/m^2 langsung terbaca pada tampilan mesin dan digunakan sebagai parameter utama dalam menilai ketangguhan spesimen terhadap beban benturan.



Gambar 5 Skema peletakan spesimen uji impact [8].



Gambar 6 Mesin uji standar impact ASTM 6110 [8].

Tabel 3 Spesifikasi Mesin

<i>Spesifikasi</i>	<i>Universal Testing Machine</i>
Tipe	Impact Testing Machine HIT5.5P
Fungsi	Izod dan Charpy
Energi impact	337-01261-21 0,5 Joule, 1 joule, 2 joule, 2,7 joule, 4 joule, 5 joule, dan 5,4 joule
Kapasitas	Metals and Plastics
Standart	DIN 50115, ISO 179-1, ASTM D6110, ISO 180, ASTM D256 (notched), dan ASTM D4812 (without notch) 250V, 5A, Slow-Blow (220-240V)

2.3.1. Pengujian Tarik

Skema proses pengujian tarik ditampilkan pada Gambar 7, sedangkan alat uji yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 7, dan spesifikasinya disajikan pada Tabel 4. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D3039, yang digunakan untuk menentukan kekuatan tarik material komposit berbentuk spesimen datar. Spesimen disiapkan sesuai dengan dimensi standar dan kemudian dijepit pada kedua ujung mesin uji tarik. Gaya tarik diaplikasikan secara bertahap dan linier hingga spesimen mengalami patah. Selama proses pengujian, mesin mencatat besarnya gaya tarik dan regangan yang terjadi. Nilai kekuatan tarik maksimum, modulus elastisitas, dan regangan maksimum dapat diperoleh dari kurva

tegangan-regangan yang dihasilkan oleh perangkat lunak pengujian. Parameter-parameter ini menjadi indikator utama dalam mengevaluasi ketahanan material terhadap gaya tarik dan elastisitas bahan komposit yang digunakan.



Gambar 7 Skema pengujian tarik ASTM 3039 [9].

Tabel 4 Spesifikasi Mesin.

Spesifikasi	Universal Testing Machine
Tipe	UTM Servo-Hidrolik/Servo-Elektrik
Fungsi	Uji Tarik
Kapasitas Beban	100 kN – 250 kN
Kecepatan Pengujian	2 mm/menit (standar); rentang 1–10 mm/menit
Grip (Penjepit)	Wedge grip atau Hydraulic grip (non-slip)
Standart	ASTM D3039 / D3039M-17, ASTM E4 (kalibrasi beban), ASTM E83 (extensometer) 220V – 240V AC, 50/60Hz, 5A

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian Impak

Berdasarkan data pada Tabel 5, diperoleh hasil nilai energi impak dari masing-masing variasi fraksi volume serat dan konsentrasi larutan NaOH pada komposit epoxy berbahan dasar serat rami. Hasil tersebut kemudian divisualisasikan dalam grafik untuk menunjukkan hubungan antara variabel perlakuan terhadap ketangguhan material.

Tabel 5 Variasi Jumlah Serat dan Larutan NaOH

NO	Kode Sample	Fraksi Volume	Variasi NaOH	Energi Impak (J)	Kekuatan Impak (kJ/m ²)	Jenis Patah
1	5_30	30%	5%	0,16123	5,05	C
2	5_40	40%	5%	0,04234	1,4	C
3	5_50	50%	5%	0,13288	4,38	H
4	10_30	30%	10%	0,09047	2,81	C
5	10_40	40%	10%	0,15883	5,1	C
6	10_50	50%	10%	0,22279	7,38	H

Berdasarkan data pada Tabel 5, diperoleh hasil nilai energi impak dari masing-masing variasi fraksi volume serat dan konsentrasi larutan NaOH pada komposit epoxy berbahan serat rami. Maka didapatkan grafik sebagai berikut.



Gambar 8 Grafik hubungan antara variasi fraksi volume dan kosentrasi NaOH dengan energi impak.

Dari grafik yang ditampilkan pada Gambar 8, terlihat bahwa spesimen dengan fraksi volume serat 50% dan perlakuan alkali NaOH 10% menghasilkan nilai energi impak tertinggi dibandingkan variasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah serat mampu memperkuat struktur internal komposit, sementara konsentrasi NaOH yang optimal (10%) dapat meningkatkan kualitas ikatan antarmuka antara serat dan matriks resin melalui proses pembersihan lignin dan hemiselulosa [10].

Sebaliknya, pada fraksi volume serat 30% dengan perlakuan NaOH 5%, diperoleh nilai energi impak yang paling rendah. Hal ini disebabkan oleh dua faktor utama: rendahnya kandungan serat sebagai penguat, serta proses alkalisasi yang belum cukup maksimal untuk memodifikasi permukaan serat secara efektif. Dengan demikian, kemampuan material dalam menyerap energi benturan menjadi terbatas [4]; [5].

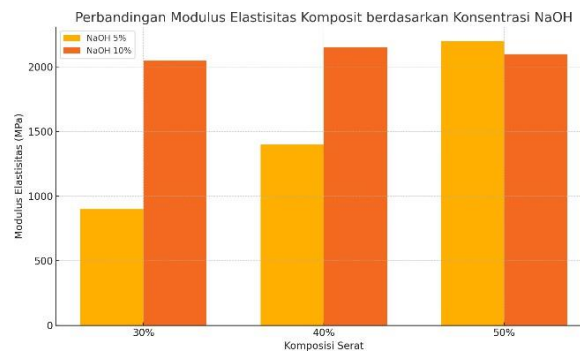
3.2. Hasil Uji Tarik

Setelah melakukan pengujian tarik terhadap spesimen komposit epoxy yang diperkuat dengan serat rami menggunakan metode hand lay up, dengan variasi fraksi volume serat (30%, 40%, dan 50%) serta perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 5% dan 10%, didapatkan data hasil pengujian tarik yang menunjukkan pengaruh signifikan dari komposisi serat dan kadar NaOH terhadap kekuatan mekanik komposit, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Variasi Jumlah Serat dan Larutan NaOH

Variasi NaOH	Sampel	Fraksi volume serat	Modulus Elastisitas (MPa)	Gaya Maks. (N)	Tegangan Maks. (MPa)	Regangan Maks. (%)
5%	1	30%	889,9848	2162,428	13,57238	1,9837
	2	40%	1400,454	5141,734	34,07065	2,2227
	3	50%	2193,029	10088,33	67,17403	2,9169
10%	1	30%	2041,976	6775,696	43,03669	2,1885
	2	40%	2157,346	5813,921	40,91429	2,0342
	3	50%	2087,337	7533,579	52,65291	2,5405

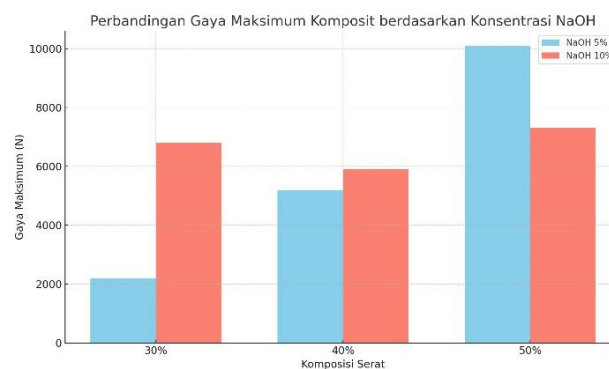
Berdasarkan data pada Tabel 6, diperoleh hasil nilai kekuatan impak dari masing-masing variasi fraksi volume serat dan konsentrasi larutan NaOH pada komposit epoxy berbahan serat rami. Maka dari hasil tersebut dapat disajikan grafik untuk menggambarkan pengaruh variasi perlakuan terhadap kekuatan tarik komposit serat rami.



Gambar 9 Grafik hubungan antara variasi fraksi volume dan kadar NaOH dengan modulus elastisitasnya.

Pada perlakuan dengan konsentrasi NaOH 5%, spesimen dengan fraksi serat 30% memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 889,98 MPa, meningkat menjadi 1400,45 MPa pada fraksi 40%, dan mencapai nilai tertinggi 2193,03 MPa pada fraksi 50%. Sementara pada NaOH 10%, nilai modulus elastisitas justru lebih tinggi sejak fraksi 30% yaitu 2041,98 MPa, sedikit meningkat menjadi 2157,35 MPa pada fraksi 40%, dan menurun menjadi 2087,34 MPa pada fraksi 50%.

Ini menunjukkan bahwa penambahan fraksi serat pada konsentrasi NaOH 5% lebih berkontribusi terhadap peningkatan kekakuan, sedangkan pada NaOH 10%, meskipun nilai modulus cukup tinggi, terjadi penurunan di fraksi 50% yang bisa disebabkan oleh penumpukan serat atau efek degradasi akibat alkalisasi [4].



Gambar 10 Grafik hubungan antara variasi fraksi volume dan kadar NaOH dengan gaya maksimalnya.

Untuk spesimen dengan NaOH 5%, gaya maksimum tercatat sebesar 2162,43 N pada fraksi serat 30%, meningkat drastis menjadi 5141,73 N di fraksi 40%, dan mencapai nilai tertinggi yaitu 10088,33 N di fraksi 50%. Pada NaOH 10%, gaya maksimum di fraksi 30% sebesar 6775,70 N, namun justru menurun menjadi 5813,92 N pada fraksi 40%, lalu kembali naik ke 7533,58 N pada fraksi 50%.

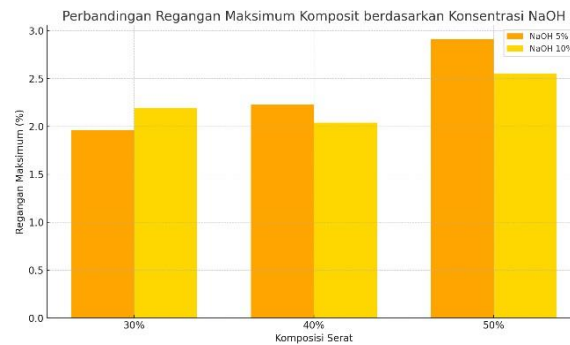
Ini menunjukkan bahwa fraksi 50% pada NaOH 5% mampu menahan gaya paling besar, sedangkan pada NaOH 10% terjadi ketidakaturan, kemungkinan karena serat mengalami kerusakan sebagian akibat konsentrasi alkali yang tinggi, sehingga tidak semua gaya berhasil ditransfer dengan efisien [4]; [5].



Gambar 11 Grafik hubungan antara variasi fraksi volume dan kadar NaOH dengan tegangan maksimalnya.

Pada perlakuan NaOH 5%, tegangan maksimum meningkat seiring bertambahnya fraksi serat: 13,57 MPa (30%), 34,07 MPa (40%), dan 67,17 MPa (50%). Pada NaOH 10%, tegangan maksimum tertinggi justru tercatat pada fraksi 30% sebesar 43,04 MPa, lalu turun sedikit di fraksi 40% menjadi 40,91 MPa, dan kembali naik menjadi 52,65 MPa di fraksi 50%.

Pola ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi NaOH 5%, peningkatan fraksi serat berbanding lurus dengan kekuatan tarik. Namun pada NaOH 10%, distribusi tegangan tidak stabil, kemungkinan besar akibat interaksi kimia berlebih antara NaOH dan serat rami yang mempengaruhi struktur internal serat [4].



Gambar 12 Grafik hubungan antara variasi fraksi volume dan kadar NaOH dengan regangan maksimalnya.

Pada perlakuan NaOH 5%, nilai regangan meningkat secara progresif dari 1,98% (30%) ke 2,22% (40%), hingga mencapai 2,92% pada fraksi serat 50%, yang berarti material semakin elastis saat jumlah serat ditambah. Sementara itu, pada NaOH 10%, regangan maksimum adalah 2,19% (30%), menurun ke 2,03% (40%), dan kembali meningkat menjadi 2,54% pada fraksi 50%.

Hasil ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi NaOH yang lebih tinggi, meskipun serat cenderung mengeras dan menambah kekuatan, namun elastisitasnya bisa berkurang, terutama pada fraksi serat menengah (40%). Peningkatan regangan pada fraksi 50% menunjukkan masih adanya fleksibilitas meskipun kekuatan meningkat [4].

3.3. Pembahasan

Pengujian dampak berdasarkan standar ASTM D6110 menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume serat dan konsentrasi NaOH secara umum meningkatkan ketangguhan komposit. Spesimen dengan fraksi serat 50% dan perlakuan NaOH 10% mencatat energi dampak tertinggi, yang mengindikasikan bahwa kombinasi tersebut paling efektif dalam menyerap energi benturan. Hal ini disebabkan oleh struktur internal yang lebih padat akibat penambahan serat serta ikatan antar muka yang lebih kuat hasil dari perlakuan alkali yang menghilangkan lignin dan hemiselulosa pada permukaan serat. Sebaliknya, nilai dampak terendah ditemukan pada spesimen dengan serat 30% dan NaOH 5%, yang menunjukkan bahwa rendahnya kandungan serat dan kurang optimalnya perlakuan kimia menyebabkan daya serap energi material menurun. Secara keseluruhan, ketangguhan komposit sangat dipengaruhi oleh jumlah serat dan efektivitas perlakuan permukaan serat [5]; [7].

Pengujian tarik yang dilakukan sesuai standar ASTM D3039 menunjukkan bahwa kombinasi fraksi volume serat dan konsentrasi NaOH sangat memengaruhi sifat mekanik komposit. Pada konsentrasi NaOH 5%, peningkatan fraksi serat dari 30% hingga 50% menghasilkan kenaikan yang konsisten pada modulus elastisitas, gaya maksimum, dan tegangan maksimum, dengan nilai tertinggi tercapai pada fraksi 50% yaitu modulus 2193 MPa dan tegangan 67,17 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi serat, semakin kuat dan kaku komposit dalam menahan beban tarik. Sebaliknya, pada NaOH 10%, hasil pengujian tidak menunjukkan pola peningkatan yang seragam, bahkan beberapa nilai menurun, khususnya pada fraksi 40%, yang kemungkinan disebabkan oleh kerusakan serat akibat alkalisasi berlebih. Meskipun begitu, nilai regangan maksimum tetap meningkat pada fraksi 50% untuk kedua konsentrasi, menunjukkan bahwa komposit masih mempertahankan elastisitas yang baik meskipun mengalami peningkatan kekuatan mekanik [4]; [5]; [6].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi fraksi volume serat rami dan konsentrasi larutan NaOH terhadap sifat mekanik komposit epoxy untuk aplikasi spakbor motor cross, dapat disimpulkan bahwa peningkatan fraksi volume serat rami secara umum memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kekuatan tarik dan ketangguhan impak material komposit. Spesimen dengan fraksi serat 50% menunjukkan performa mekanik terbaik, dengan kekuatan tarik maksimum mencapai 67,17 MPa serta energi impak tertinggi dibandingkan variasi lainnya. Selain itu, perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH terbukti berperan penting dalam memperkuat ikatan antar muka antara serat rami dan matriks epoxy. Konsentrasi NaOH sebesar 10% menunjukkan efektivitas tertinggi dalam meningkatkan sifat mekanik komposit, terutama saat dikombinasikan dengan fraksi serat 50%. Namun demikian, pada kondisi tertentu, konsentrasi alkali yang terlalu tinggi atau distribusi serat yang tidak merata dapat menyebabkan degradasi serat serta menurunkan efisiensi transfer beban, sebagaimana ditunjukkan oleh fluktuasi nilai tegangan dan regangan maksimum pada beberapa spesimen. Secara keseluruhan, kombinasi fraksi serat 50% dan konsentrasi NaOH 10% dinilai sebagai komposisi paling optimal dalam menghasilkan material komposit yang kuat, tangguh, dan ramah lingkungan, sehingga memiliki potensi besar untuk diterapkan sebagai material alternatif pada spakbor motor cross.

Daftar Pustaka

- [1] Pickering, K. L., Efendy, M. G. A., & Le, T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. In *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* (Vol. 83, pp. 98–112). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.038>
- [2] Ramesh, M., Palanikumar, K., & Reddy, K. H. (2017). Plant fibre based bio-composites: Sustainable and renewable green materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 558–584. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2017.05.094>
- [3] Sherwani, S. F. K., Sapuan, S. M., Leman, Z., Zainuddin, E. S., & Ilyas, R. A. (2021). Application of polymer composite materials in motorcycles: A comprehensive review. *Biocomposite and Synthetic Composites for Automotive Applications*, 401–426. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820559-4.00015-8>
- [4] Ismail, N. F., Mohd Radzuan, N. A., Sulong, A. B., Muhamad, N., & Che Haron, C. H. (2021). The effect of alkali treatment on physical, mechanical and thermal properties of kenaf fiber and polymer epoxy composites. *Polymers*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/polym13122005>
- [5] Ilmu Purboputro, P., Hariyanto, A., & AYani Tromol Pos Pabelan, J. I. (2017). ANALISIS SIFAT TARIK DAN IMPAK KOMPOSIT SERAT RAMI DENGAN PERLAKUAN ALKALI DALAM WAKTU 2, 4, 6, DAN 8 JAM BERMATRIK POLIESTER. *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 18(2), 64–75.
- [6] M. Martijanti, S. S., R. S., M. B. W. (2023). *Komparasi_sifat_mekanik_antara_komposit_epoksi_ber*. *Dinamika Teknik Mesin*.
- [7] Boobalan, V., Sathish, T., Giri, J., & Makki, E. (2024). Impact of nano-hybridization on flexural and impact behavior of basalt/glass fiber-epoxy composites for automotive structures. *AIP Advances*, 14(4). <https://doi.org/10.1063/5.0199895>
- [8] Presto Group. (2025, July 7). *Test the Impact Strength of Plastic with Charpy Test*. Presto Group.
- [9] Febry Nurdiansyah, F., & Iskandar, N. (2021). PENGARUH FRAKSI MASSA DAN ARAH ORIENTASI SERAT TERHADAP KEKUATAN TEGANGAN GESER KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI DENGAN MATRIKS GONDORUKEM. In *Jurnal Teknik Mesin S-1* (Vol. 9, Issue 1).
- [10] Syaputra Pratama, D., Saputra Lubis, R., Setiawan, F., Sofyan, E., Dirgantara, T., Tinggi, S., & Kedirgantaraan, T. (2023). *JOURNAL OF APPLIED MECHANICAL ENGINEERING AND RENEWABLE ENERGY (JAMERE)* Uji Impact Material Komposit Campuran Serat Bambu Dan Pasir Besi Menggunakan Metode Hand Lay Up. 3(1), 28–33. <https://journal.isas.or.id/index.php/JAMERE>