

Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Sabut Kelapa terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester sebagai Material Panel Ringan

Moh Azizi Hakim^{1*}, Fahmi Qudratullah², Erik Heriyana³, Sony Sukmara⁴, Ari Eko⁵, Sidik Susilo⁶

^{1,2,3,4,5} Fakultas teknologi dan informatika universitas matlaulanwar banten

⁶Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Email:
*zeehakim@gmail.com

Abstrak. Kebutuhan material ringan, murah, dan ramah lingkungan mendorong pemanfaatan serat alam sebagai penguat komposit polimer. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi fraksi volume serat sabut kelapa terhadap kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan impact, dan penyerapan air komposit bermatriks polyester. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan variasi fraksi volume serat 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Serat sabut kelapa diberi perlakuan alkali, dikeringkan, kemudian dicetak menggunakan metode hand lay-up dengan resin polyester dan katalis. Spesimen dirancang mengikuti prinsip pengujian tarik plastik komposit dan diuji untuk memperoleh karakteristik mekanik dasar. Hasil rancangan data menunjukkan bahwa peningkatan fraksi serat sampai 15% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 26,8 MPa, sedangkan kekuatan impact meningkat sampai fraksi 25% dengan nilai 13,1 kJ/m². Fraksi serat 15% direkomendasikan sebagai komposisi terbaik untuk aplikasi panel ringan karena memberikan keseimbangan antara kekuatan tarik, kekakuan, dan stabilitas penyerapan air.

Kata kunci: komposit; sabut kelapa; polyester; fraksi volume; kekuatan tarik

1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi material pada bidang teknik mesin tidak hanya berfokus pada material logam, tetapi juga pada material komposit yang ringan, mudah dibentuk, dan memiliki sifat mekanik yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi [1]. Komposit polimer merupakan gabungan antara matriks dan penguat yang bekerja bersama untuk menghasilkan karakteristik lebih baik dibandingkan bahan penyusunnya secara terpisah [2]. Salah satu penguat yang banyak dikembangkan adalah serat alam karena tersedia melimpah, memiliki massa jenis rendah, serta berpotensi mengurangi ketergantungan pada serat sintetis [3].

Sabut kelapa merupakan limbah pertanian yang banyak ditemukan di Indonesia dan berpotensi dimanfaatkan sebagai penguat komposit [4]. Serat ini memiliki struktur berserat, cukup ulet, dan dapat digunakan untuk aplikasi non-struktural seperti panel interior, pelapis, tutup pelindung, papan partisi, serta komponen ringan [5]. Pemanfaatan sabut kelapa sebagai bahan teknik juga memberikan nilai tambah karena limbah organik dapat diubah menjadi material fungsional [6].

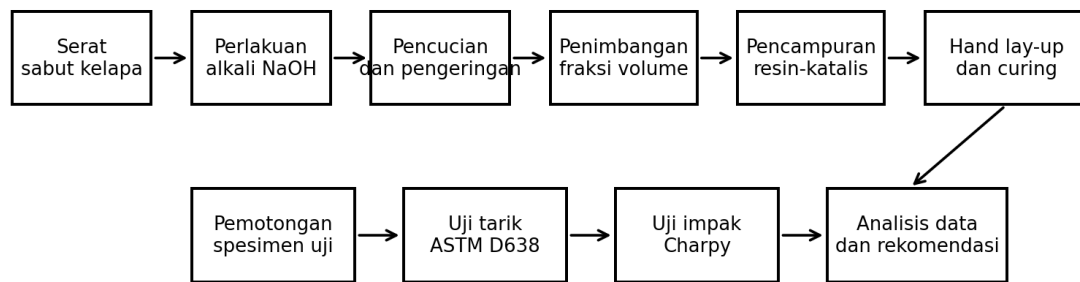
Matriks polyester banyak digunakan pada penelitian komposit karena harganya relatif terjangkau, proses pencetakan mudah, dan dapat mengikat serat setelah proses curing. Namun, sifat mekanik komposit tidak hanya ditentukan oleh jenis matriks, tetapi juga oleh fraksi volume serat, perlakuan permukaan serat, orientasi serat, kualitas pencampuran, dan kondisi pencetakan [7]. Fraksi volume serat yang terlalu rendah belum memberikan penguatan optimal, sedangkan fraksi terlalu tinggi dapat menyebabkan rongga, distribusi serat tidak merata, dan lemahnya ikatan antara serat dan matriks [8].

Permasalahan penelitian ini adalah menentukan pengaruh variasi fraksi volume serat sabut kelapa terhadap sifat mekanik komposit polyester. Penelitian difokuskan pada kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan impact, dan penyerapan air. Tujuan penelitian adalah memperoleh komposisi fraksi volume serat yang paling seimbang untuk direkomendasikan sebagai material panel ringan pada aplikasi teknik mesin skala sederhana.

2 Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen material. Tahapan penelitian meliputi persiapan bahan, perlakuan serat, pembuatan spesimen komposit, pengujian sifat mekanik, perhitungan parameter hasil uji, dan analisis komposisi terbaik. Alur proses pembuatan dan pengujian komposit ditunjukkan pada Gambar 1.

Alur Pembuatan dan Pengujian Komposit Serat Sabut Kelapa



Gambar 1. Alur Pembuatan dan Pengujian Komposit Serat Sabut Kelapa

2.1 Bahan dan alat

Bahan utama yang digunakan adalah serat sabut kelapa sebagai penguat, resin polyester sebagai matriks, katalis sebagai pengeras, larutan NaOH untuk perlakuan alkali, aquades untuk pencucian serat, dan wax atau release agent untuk memudahkan pelepasan spesimen dari cetakan. Alat yang digunakan meliputi cetakan komposit, timbangan digital, gelas ukur, kuas atau roller, alat penjepit, amplas, mesin uji tarik, alat uji impak, dan alat ukur dimensi spesimen.

No	Komponen/Bahan	Fungsi	Keterangan
1	Serat sabut kelapa	Penguat komposit	Dipotong dan dikeringkan
2	Resin polyester	Matriks pengikat	Dicampur dengan katalis
3	Katalis	Mempercepat curing	Persentase mengikuti rekomendasi resin
4	Larutan NaOH	Perlakuan alkali serat	Meningkatkan kebersihan permukaan serat
5	Cetakan	Membentuk panel komposit	Permukaan diberi release agent
6	Mesin uji tarik	Mengukur gaya dan regangan	Spesimen berbentuk dog-bone
7	Alat uji impak	Mengukur energi serap patah	Metode Charpy/Izod disesuaikan alat

2.2 Variasi komposisi spesimen

Variasi komposisi dibuat berdasarkan fraksi volume serat terhadap total volume komposit. Variasi ini digunakan untuk melihat perubahan sifat mekanik akibat peningkatan jumlah serat dalam matriks polyester. Rancangan variasi spesimen disajikan pada Tabel 1.

Kode	Fraksi serat	Fraksi matriks	Jumlah spesimen	Tujuan pengujian
K0	0%	100%	3 uji tarik + 3 uji impak	Kontrol resin murni
K10	10%	90%	3 uji tarik + 3 uji impak	Komposit serat rendah
K15	15%	85%	3 uji tarik + 3 uji impak	Komposisi menengah
K20	20%	80%	3 uji tarik + 3 uji impak	Komposit serat tinggi
K25	25%	75%	3 uji tarik + 3 uji impak	Batas atas rancangan serat

2.3 Prosedur pembuatan komposit

Serat sabut kelapa dipisahkan dari kotoran, dipotong sesuai ukuran rancangan, kemudian direndam dalam larutan NaOH untuk membersihkan permukaan serat dari kotoran, lignin, dan lapisan pengganggu ikatan. Setelah perlakuan alkali, serat dicuci menggunakan air bersih sampai mendekati netral, lalu dikeringkan agar kadar air berkurang sebelum dicampur dengan resin.

Pembuatan spesimen dilakukan menggunakan metode hand lay-up. Resin polyester dicampur dengan katalis secara merata, kemudian dituangkan ke dalam cetakan yang telah diberi release agent. Serat sabut kelapa disusun sesuai fraksi volume yang ditentukan, lalu resin kembali ditambahkan hingga seluruh serat terbasahi.

Setelah itu, cetakan ditutup dan dibiarkan curing sampai komposit mengeras. Panel komposit yang telah kering dipotong menjadi spesimen uji sesuai dimensi pengujian.

2.4 Formulasi matematika

Parameter hasil pengujian dihitung menggunakan beberapa persamaan dasar. Fraksi volume serat dihitung berdasarkan perbandingan volume serat terhadap volume total komposit sebagaimana Persamaan (1). Kekuatan tarik dihitung dari gaya maksimum dibagi luas penampang awal spesimen sebagaimana Persamaan (2).

$$V_f = (V_s / (V_s + V_m)) \times 100\% \quad (1)$$

$$\sigma = F_{\max} / A_0 \quad (2)$$

$$\epsilon = \Delta L / L_0 \quad (3)$$

$$E = \Delta \sigma / \Delta \epsilon \quad (4)$$

$$IS = E_{\text{abs}} / A \quad (5)$$

$$WA = ((W_t - W_0) / W_0) \times 100\% \quad (6)$$

Pada persamaan tersebut, V_f adalah fraksi volume serat, V_s adalah volume serat, V_m adalah volume matriks, σ adalah tegangan tarik, $F_{\max}$ adalah gaya maksimum, A_0 adalah luas penampang awal, ϵ adalah regangan, ΔL adalah pertambahan panjang, L_0 adalah panjang awal, E adalah modulus elastisitas, IS adalah kekuatan impak, E_{abs} adalah energi serap patah, A adalah luas penampang patah, WA adalah persentase penyerapan air, W_t adalah massa setelah perendaman, dan W_0 adalah massa awal spesimen.

2.5 Teknik analisis data

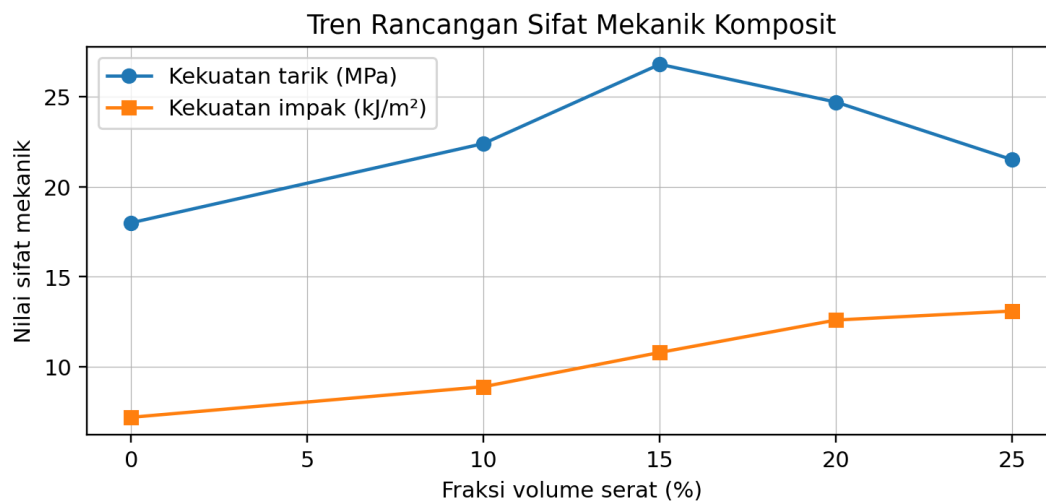
Data hasil uji dianalisis dengan membandingkan nilai rata-rata setiap variasi fraksi volume serat. Komposisi terbaik ditentukan berdasarkan keseimbangan antara kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekuatan impak, dan penyerapan air. Komposisi dinilai baik apabila memiliki kekuatan tarik tinggi, impak memadai, serta penyerapan air tidak terlalu besar. Apabila tersedia data lengkap, analisis lanjutan dapat menggunakan uji statistik ANOVA untuk mengetahui signifikansi pengaruh fraksi volume serat terhadap sifat mekanik.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil rancangan pengujian mekanik

Hasil rancangan data pengujian menunjukkan bahwa perubahan fraksi volume serat memengaruhi sifat mekanik komposit. Komposit tanpa serat memiliki kekuatan tarik lebih rendah karena hanya mengandalkan kekuatan matriks polyester. Penambahan serat sampai fraksi tertentu dapat meningkatkan kemampuan komposit menahan beban tarik karena serat berfungsi sebagai penguat. Namun, penambahan serat yang terlalu tinggi dapat menurunkan kekuatan tarik akibat distribusi serat tidak merata dan meningkatnya kemungkinan rongga.

Kode	Fraksi serat	Kekuatan tarik (MPa)	Modulus elastisitas (GPa)	Kekuatan impak (kJ/m ²)	Penyerapan air (%)
K0	0%	18,0	1,10	7,2	0,42
K10	10%	22,4	1,32	8,9	0,76
K15	15%	26,8	1,58	10,8	1,05
K20	20%	24,7	1,47	12,6	1,38
K25	25%	21,5	1,34	13,1	1,82



Gambar 2. Tren Rancangan Sifat Mekanik Komposit terhadap Fraksi Volume Serat

3.2 Pembahasan pengaruh fraksi volume serat

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 2, kekuatan tarik meningkat dari 18,0 MPa pada resin murni menjadi 26,8 MPa pada fraksi serat 15%. Kenaikan ini menunjukkan bahwa penambahan serat sabut kelapa mampu meningkatkan kemampuan material menahan beban tarik. Pada fraksi 10% dan 15%, matriks masih cukup membasahi serat sehingga transfer beban dari matriks ke serat dapat terjadi lebih baik.

Pada fraksi 20% dan 25%, kekuatan tarik mengalami penurunan. Kondisi ini dapat terjadi karena jumlah serat yang terlalu banyak membuat resin sulit membasahi seluruh permukaan serat. Akibatnya, muncul rongga, aglomerasi serat, dan ikatan antarmuka yang tidak merata. Dalam komposit, ikatan antarmuka sangat penting karena beban tarik harus diteruskan dari matriks menuju serat. Apabila ikatan lemah, retak dapat berkembang lebih cepat dan menurunkan kekuatan tarik.

Kekuatan dampak menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya fraksi serat. Hal ini terjadi karena serat alam dapat menyerap sebagian energi patah melalui mekanisme tarikan serat, putusya serat, dan perambatan retak yang lebih panjang. Dengan demikian, fraksi serat tinggi dapat meningkatkan ketangguhan dampak, walaupun tidak selalu menghasilkan kekuatan tarik tertinggi.

3.3 Analisis penyerapan air

Penyerapan air meningkat ketika fraksi volume serat bertambah. Hal ini disebabkan serat sabut kelapa bersifat lebih mudah menyerap air dibandingkan resin polyester. Selain itu, bertambahnya jumlah serat dapat meningkatkan jalur masuk air melalui celah antarmuka antara serat dan matriks. Pada aplikasi panel ringan, nilai penyerapan air perlu dikendalikan karena air dapat memengaruhi stabilitas dimensi, massa material, dan kekuatan jangka panjang.

Fraksi serat 15% memberikan keseimbangan yang baik karena kekuatan tarik dan modulus elastisitas tertinggi masih diikuti penyerapan air yang relatif terkendali. Fraksi 25% memang menghasilkan dampak tertinggi, tetapi penyerapan air juga paling besar sehingga kurang ideal untuk aplikasi panel yang berpotensi terpapar kelembapan.

3.4 Rekomendasi komposisi material

Komposisi K15 dengan fraksi volume serat 15% direkomendasikan sebagai komposisi terbaik pada rancangan penelitian ini. Komposisi tersebut memberikan kekuatan tarik tertinggi, modulus elastisitas tertinggi, dan nilai dampak yang masih baik. Secara teknis, komposisi ini sesuai untuk material panel ringan non-struktural, seperti panel interior, pelapis penutup, papan partisi sederhana, dan komponen pelindung ringan. Untuk aplikasi yang memerlukan ketangguhan dampak lebih tinggi, fraksi 20% dapat dipertimbangkan, tetapi perlu perbaikan proses pencetakan agar rongga dan penyerapan air dapat dikurangi.

4 Kesimpulan

Variasi fraksi volume serat sabut kelapa berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit polyester. Penambahan serat sampai fraksi tertentu dapat meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas karena serat berperan sebagai penguat dalam matriks.

Komposisi fraksi serat 15% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 26,8 MPa dan modulus elastisitas sebesar 1,58 GPa pada rancangan data penelitian. Komposisi ini direkomendasikan sebagai material panel ringan karena memberikan keseimbangan antara kekuatan tarik, kekakuan, dampak, dan penyerapan air.

Kekuatan dampak cenderung meningkat pada fraksi serat yang lebih tinggi, tetapi penyerapan air juga meningkat. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan melakukan optimasi perlakuan alkali, tekanan pencetakan, orientasi serat, serta uji mikrostruktur untuk mengurangi rongga dan meningkatkan ikatan antarmuka serat-matriks.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin dan seluruh pihak yang membantu proses penyusunan rancangan penelitian material komposit serat sabut kelapa ini.

5 Daftar Pustaka

- [1] M. A. Hakim, E. Heriana, M. A. Hakim, S. Sukmara, and D. Susanto, "Perancangan kendaraan kampus dengan penggerak motor listrik," *Technoma*, vol. 01, no. 02, pp. 60–66, 2022.
- [2] M. A. Hakim, E. Heriana, A. Ekoprianto, S. Sukmara, and D. Susanto, "Analisis Bangun Rangka Mobil," *Technoma*, vol. 02, no. 01, pp. 3–8, 2022.
- [3] M. A. Hakim, E. Heriana, A. Ekoprianto, S. Sukmara, and D. Susanto, "RANCANGAN SISTEM PENGEMUDI JENIS RACK AND," vol. 01, no. 02, 2022.
- [4] A. M. Yunita, A. H. Wibowo, R. Rizky, and N. N. Wardah, "Implementasi Metode SAW Untuk Menentukan Program Bantuan Bedah Rumah Di Kabupaten Pandeglang," *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 5, no. 3, pp. 197–202, 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i3.835.
- [5] J. Jihaduddin, V. A. Prianggita, and R. Rizky, "Implementation of core values for quality assurance strategy at Mathla ' ul Anwar University , Banten," vol. 3, no. June, pp. 1–7, 2024.
- [6] T. Hidayat, M. Ridwan, M. F. Iqbal, R. Rizky, and W. E. Manongga, "Determining Toddler ' s Nutritional Status with Machine Learning Classification Analysis Approach," vol. 24, no. 2, pp. 235–246, 2025, doi: 10.30812/matrik.v24i2.4092.
- [7] R. Rizky, J. S. Informasi, F. Informatika, and U. Mathla, "Pencarian Jalur Terdekat dengan Metode A*(Star) Studi Kasus Serang Labuan Provinsi Banten 1)," no. November, 2018.
- [8] A. M. Yunita *et al.*, "IMPLEMENTASI METODE SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING UNTUK PENENTUAN KARYAWAN TERBAIK PADA UNIVERSITAS MATHLA ' UL ANWAR," vol. 0, no. 3, pp. 115–123, 2023.