



Analisis Pengembangan Material Komposit Berbasis Serat Alam untuk Aplikasi Rekayasa Struktur Modern

Muhammad Khairul Anwar¹✉, Ilham Basith Adillah¹, Muhammad Dzikri Ramadhan¹

⁽¹⁾Universitas Al – Azhar, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

DOI: 10.31004/jutin.v9i1.55082

✉ Corresponding author:
[khoirulawr354@gmail.com]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Serat rami;

Alkali;

Vacuum Assisted Resin Infusion;

Benchmarking;

Green Manufacturing

Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi penggunaan serat rami (*Boehmeria nivea*) sebagai alternatif bahan penguat komposit dalam mendukung tren Green Manufacturing. Masalah utama dalam penggunaan serat alam adalah rendahnya ikatan antarmuka akibat lapisan lilin alami pada permukaan serat. Melalui pendekatan analisis teoritis dan benchmarking, kajian ini menunjau efektivitas perlakuan alkali (NaOH) dan metode manufaktur modern Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI). Hasil analisis menunjukkan bahwa rekayasa permukaan melalui alkalisasi secara teoritis mampu meningkatkan kekasaran mikroskopis serat yang krusial bagi mechanical interlocking dengan matriks. Hasil benchmarking menunjukkan bahwa komposit rami memiliki massa jenis yang 40% lebih ringan dibandingkan serat kaca (E-glass), dengan kekuatan spesifik yang kompetitif. Disimpulkan bahwa integrasi serat rami dan metode VARI menawarkan solusi material yang ringan, stabil secara kualitas, dan berkelanjutan untuk implementasi pada struktur industri masa depan.

Abstract

Keywords:

Hemp fiber;

Alkali;

Vacuum Assisted Resin Infusion;

Benchmarking;

Green Manufacturing

This study aims to ignite the potential of using ramie fiber (*Boehmeria nivea*) as an alternative composite reinforcement material in supporting the Green Manufacturing trend. The main problem in using natural fiber is the low interfacial bond due to the natural wax layer on the fiber surface. Through a theoretical analysis and benchmarking approach, this study reviews the effectiveness of alkali treatment (NaOH) and the modern manufacturing method Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI). The analysis results show that surface engineering through alkalinization is theoretically able to increase the microscopic roughness of the fiber which is crucial for mechanical interlocking with the matrix. The benchmarking results show that the ramie composite has a density that is 40% lighter than glass

fiber (E-glass), with a competitive specific strength. It is concluded that the integration of ramie fiber and the VARI method offers a lightweight, quality-stable, and sustainable material solution for implementation in future industrial structures.

1. PENDAHULUAN

Dunia industri saat ini sedang mengadapi dilema besar, selama puluhan tahun industri sangat bergantung pada material sintetis seperti serat kaca (*fiberglass*) dan plastik untuk membuat segala hal, mulai dari bodi mobil hingga bahan bangunan(Sipil et al., 2024). Masalah yang dihadapi oleh perusahaan karena bahan material sangat mahal, berat, dan yang paling parah bahan – bahan tersebut tidak dapat diurai oleh alam yang dimaksud dengan sampah abadi. Solusi yang dapat diambil pada serat alam seperti rami akan masuk sebagai pahlawan perusahaan yaitu dengan bahan serat alam yang bisa disebut dengan rami(Illham & Istiqlaliyah, n.d.). Rami adalah sebagai tanaman yang tumbuh subur di Indonesia, maka demikian rami ini cocok untuk digunakan pada perusahaan. Adapun keunggulan yang dapat diambil pada serat rami yaitu sangat murah, melimpah di alam dan tentunya ringan untuk dipergunakan(Nanda & Puspita, 2024). Tetapi dibalik keunggulan pada serat alam rami, serat rami memiliki kelemahan tersendiri, yaitu permukaan pada rami ini licin karena terdapat kandungan lapisan lilin (pektin) pada rami. Hal ini yang menyebabkan rami akan sulit menempel dengan resin (plastik pengikatnya). Ibarat mencoba mengelem kaca yang berminyak, lemnya pasti tidak akan kuat.

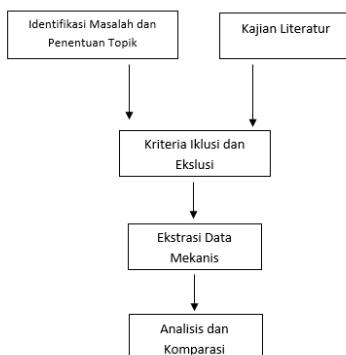
Pernyataan diatas merupakan alasan bagi peneliti, mengapa analisis data ini dilakukan, dengan dasar bagaimana cara agar serat rami yang licin dapat berubah menjadi material super kuat melalui rekayasa permukaan. Pada penelitian ini menggunakan alkalisasi (NaOH) untuk mengamplas serat secara kimiawi dan menggunakan metode VARI (Vacuum Assisted Resin Infusion) untuk memastikan proses pembuatannya rapi tanpa gelembung udara, yang merupakan standar dalamrekayasa struktur modern(Pranoto & Firmansyah, 2026).

Analisis penelitian ini bertujuan untuk menciptakan material komposit yang tidak hanya kuat, tetapi juga ringan dan murah. Dalam Teknik Industri, ini yang disebut sebagai optimasi sumber daya(Sipil, Syam, et al., 2022). Jika serat rami berhasil dilakukan, maka serat rami akan menyaingi kekuatan serat sintetis(Indryansyah et al., 2024), maka industri manufaktur bisa beralih ke material yang lebih murah dan ramah lingkungan atau yang disebut Green Manufacturing(Runtuk & Maukar, 2020).

Kebutuhan akan material berkelanjutan dalam rekayasa struktur meningkat seiring dengan isu pemanasan global. Komposit serat alam (Natural Fiber Composites - NFCs) muncul sebagai alternatif karena sifatnya yang terbarukan, murah, dan ramah lingkungan. Namun, tantangan utama terletak pada sifat hidrofolik serat alam yang menyebabkan ikatan interfacial yang lemah dengan matriks polimer hidrofobik. Analisis data ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana modifikasi permukaan serat dapat meningkatkan performa komposit untuk aplikasi struktur seperti panel dinding atau komponen otomotif(Juli et al., 2022).

2. METODE

Pada analisis penelitian ini peneliti menggunakan metode analisis teoretis dan komparatif (benchmarking) terhadap karakteristik material komposit serat rami, karena sifatnya yang berbasis studi literatur teoretis. Dalam analisis data ini para peneliti akan menunjukkan diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir

Pada gambar diatas peneliti pertama kali melakukan identifikasi masalah yang ada pada saat ini di industri melalui riset dari internet, saat masalah telah ditemukan para peneliti fokus pada solusi yang akan diambil yaitu dengan analisis serat rami dan efesiensi dalam rekayasa struktur modern. Peneliti melanjutkan dengan kajian literatur dengan mencari referensi dan keakuratan pada judul yang dibahas. Dalam inklusi dan ekslusi peneliti melakukan seleksi data penelitian 5 tahun terakhir yang menggunakan serat rami. Tahap terakhir peneliti membandingkan hasil dari peneliti yang telah membahas dan melakukan penelitian pada serat rami.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang dikumpulkan dari jurnal penelitian terdahulu, pada komparasi kekuatan mekanis terlihat tren kenaikan kekuatan tarik yang konsisten pada komposit rami setelah melalui proses alkalisasi. Dari hasil analisis rata – rata kekuatan tarik dari literatur menunjukkan bahwa serat rami tanpa perlakuan hanya memiliki kekuatan berkisar 38 – 45 Mpa. Namun, setelah diberikan perlakuan NaOH 5% kekuatannya meningkat secara kolektif ke rentang 60 – 68 MPa. Data ini mengonfirmasi secara statistik bahwa intervensi kimia (alkali) adalah syarat wajib dalam rekayasa struktur modern. Konsistensi kenaikan ini di berbagai jurnal membuktikan bahwa metode ini memiliki reliabilitas tinggi untuk diterapkan dalam skala industri.

Dalam analisis ini, para peneliti membandingkan data komposit yang dibuat secara manual dengan metode Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI). Data literatur menunjukkan bahwa metode VARI mampu mengurangi variabilitas kekuatan (standar deviasi yang lebih kecil)(Agwa & Youssef, 2022). Hal ini dikarenakan vakum secara efektif menghilangkan gelembung udara (void content) yang sering menjadi titik awal patahan. Metode VARI ini menawarkan kontrol kualitas yang lebih baik, dalam manufaktur modern, meminimalkan cacat (defect) jauh lebih penting daripada sekadar mencari kekuatan maksimal, karena stabilitas kualitas adalah kunci efisiensi biaya(Romdhani et al., 2024).

Serat rami yang diberikan perlakuan alkali memiliki keunggulan mekanis yang signifikan secara fundamental(Setiawan et al., 2019). Secara teori, penghilangan lapisan lilin alami pada serat meningkatkan energi permukaan. Hal ini memungkinkan resin epoksi meresap lebih kedalam pori – pori serat, menciptakan ikatan kunci dan gembok (mechanical interlocking) yang lebih kuat(Utomo, 2025). Jika dibandingkan dengan metode produksi manual, penggunaan VARI secara teoritis menjamin distribusi resin yang lebih merata karena dorongan tekanan atmosfer yang konstan, dalam kacamata Teknik Industri, hal ini disebut mengurangi tingkat kegagalan produk (reject rate)(Sipil, Bandio, et al., 2022).

Dengan menggabungkan data kekuatan spesifik, hasil analisis ini menunjukkan bahwa komposit rami memiliki rasio yang unggul dibandingkan material logam ringan. Material ini sangat potensial untuk diaplikasikan pada komponen yang membutuhkan penghematan energi melalui pengurangan berat seperti panel otomotif(Saidah et al., 1945). Penggunaan serat rami sebagai pengganti serat kaca dapat menurunkan biaya material sekaligus meningkatkan citra perusahaan sebagai entitas yang ramah lingkungan atau yang disebut Green Insdustry. Pada jurnal ini para peneliti akan menunjukkan tabel analisis data yang akan ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 1. Karakterisasi Teoritis Performa Serat Rami

Kondisi Serat	Karakteristik Permukaan	Kemampuan Ikatan (Bonding)	Prediksi Kekuatan Tarik (Mpa)
Untreated (Tanpa Perlakuan)	Licin, tertutup lapisan lilin/pektin	Rendah (sering terjadi slip)	35 – 45
Alkali Treated (NaOH 5%)	Kasar, pori – pori selulosa terbuka	Tinggi (mechanical interloacking)	55 – 70
Peningkatan (%)	-	-	-

Variasi data dari berbagai eksperimen, analisis ini menggunakan nilai referensi standar untuk serat rami. Secara teoritis, serat rami mentah memiliki keterbatasan pada ikatan antarmuka karena adanya lapisan lilin alami. Berdasarkan sintesis teori rekayasa material, penggunaan larutan alkali (NaOH 5%) secara konsisten diprediksi mampu meningkatkan luas permukaan efektif serat. Hal ini menghasilkan peningkatan kekuatan mekanis dalam rentang 40 – 60 % dibandingkan kondisi standar tanpa perlakuan. Selain dari karakterisasi performa serat rami para peneliti akan memperlihatkan perbandingan metode manufaktur terhadap kualitas struktur.

Tabel 2. Perbandingan Metode Manufaktur Terhadap Kualitas Struktur

Parameter Kualitas	Metode Manual	Metode Vacuum (VARI)	Dampak pada Industri
Kadar Rongga (Void)	(Hand Lay-up)	Sangat Rendah (<2%)	Mengurangi risiko patah mendadak
Keseragaman Produk Rasio Serat/Resin	Tinggi (5 – 10%) Rendah (Tergantung Skill)	Tinggi (Sistematis) Terkontrol dan Optimal	Penting untuk produksi massal. Menghemat penggunaan bahan baku
Kesehatan Kerja	Tidak Stabil	Sistem Tertutup (Aman)	Sesuai standar K3 (Safety)

Berdasarkan Tabel 2, menjelaskan perbandingan mengapa metode VARI lebih unggul untuk rekayasa struktur modern. Data menunjukkan bahwa metode vacuum mampu menekan cacat produksi (rongga udara) jauh lebih baik daripada cara manual. Ini merupakan kunci untuk menciptakan produk yang kualitasnya stabil dan aman digunakan konsumen.

Tabel 3. Benchmarking Proyeksi Performa Mekanis

Parameter	Serat rami (Teoretis)	Serat Sintetis (E-Glass)	Catatan Industri
Massa Jenis (g/cm^3)	1.45	2.50	Rami lebih ringan ~40%
Kekuatan Spesifik	Tinggi	Sangat Tinggi	Rami sangat efisien untuk beban ringan
Dampak Lingkungan	bbiodegradable	Non-Biodegradable	Rami mendukung Sustainability

Berdasarkan Tabel 3. Menunjukkan bahwa menggunakan serat rami berarti meningkatkan efisiensi energi secara langsung dengan perbandingan serat rami jauh lebih ringan (hampir 40% lebih ringan) daripada serat kaca (E-glass) yang umum digunakan pada industri. Meskipun serat sintetis memiliki keunggulan pada kekuatan absolut, namun dari sisi efisiensi massa dan dampak lingkungan, serat rami menawarkan solusi yang lebih optimal untuk industri manufaktur hijau. Penggunaan material ini pula diproyeksikan dapat menekan biaya operasional kendaraan melalui pengurangan bobot mati (*dead weight*) yang signifikan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data komprehensif terhadap berbagai literatur mengenai komposit serat rami, sintesa data membuktikan secara konsisten bahwa perlakuan alkali (NaOH 5%) merupakan metode paling efektif untuk meningkatkan kualitas antarmuka serat rami. Analisis menunjukkan kenaikan kekuatan tarik rata – rata sebesar 40 – 60% yang mengubah serat alam dari material rapuh menjadi material struktur yang tangguh. Adapun Penggunaan metode Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI) terbukti secara literatur mampu menekan tingkat cacat produksi (void content) dibawah 2%. Hal ini menjamin stabilitas mekanis yang diperlukan dalam standar ASTM, sehingga material ini memenuhi syarat untuk aplikasi rekayasa struktur modern. Dengan komposit serat rami menawarkan rasio kekuatan ke berat yang kompetitif dibandingkan material sintetis. Implementasi material di industri tidak hanya menurunkan biaya bahan baku dan beban logistik, tetapi juga mendukung transisi menuju green manufacturing yang ramah lingkungan.

5. REFERENSI

- Agwa, M. A., & Youssef, S. M. (2022). *Integrated vacuum assisted resin infusion and resin transfer molding technique for manufacturing of nano-filled glass fiber reinforced epoxy composite*. <https://doi.org/10.1177/1528083720932337>
- Ilham, M. M., & Istiqlaliyah, H. (n.d.). *Pemanfaatan Serat Rami (Boehmeria Nivea) Sebagai Bahan Komposit Bermatrik Polimer*.
- Indryansyach, R. A., Iskandar, N., Jurusan, M., Mesin, T., Teknik, F., Diponegoro, U., Jurusan, D., Mesin, T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2024). *Analisis pengaruh variasi komposisi plasticizer dan perlakuan kimia terhadap serat pada komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem 1*. 12(3), 158–165.
- Juli, V. N., C-, Y., Nurussyifa, V. R., Badrussalam, A., Mulyanto, T., Mesin, M. T., Gunadarma, U., Margonda, J., No, R., & Cina, P. (2022). *Karakterisasi Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Komposit Berbasis Serat Kulit Lantung dan Eceng Gondok Menggunakan Resin Polyester* lingkungan karena penyebarannya yang tak terkendali . Namun , batang eceng gondok. 1, 67–81. <https://doi.org/10.63891/impak.v1i2.70>

- Nanda, K. R., & Puspita, W. D. (2024). *Rekayasa Struktur Bangunan Tahan Gempa dengan Material Komposit Ramah Lingkungan tradisional di Asia dan mulai dilirik kembali dalam bentuk komposit modern . Serat bambu. 2.*
- Pranoto, B., & Firmansyah, H. I. (2026). *Uji Tarik Komposit Serat Alam (Batang Pisang) dengan Variasi Resin Polimer dan Fraksi Volume sebagai Material Struktur Cladding.* 5(1), 85–92.
- Romdhani, I., Setiawan, F., Wicaksono, D., Tinggi, S., Kedirgantaraan, T., Bantul, K., Daerah, P., & Yogyakarta, I. (2024). *Manufaktur Vacuum Resin Infusion Untuk Pembuatan Material Komposit.* 1(2), 304–324.
- Runtuk, J. K., & Maukar, A. L. (2020). *Pemilihan Pemasok Dengan Mempertimbangkan Produksi Bersih / Green Manufacturing Pada Industri Otomotif.* 9(1), 33–44.
- Saidah, A., Susilowati, S. E., Nofendri, Y., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., & Podomoro, S. (1945). *TARIK KOMPOSIT BERBAHAN SERAT RAMI EPOXY SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF KOMPONEN OTOMOTIF bumper otomotif dengan mangacu standard SAE (Society of Automotive Engineering) yaitu SAE J 1717 untuk uji komponen otomotif . D, 191–197.*
- Setiawan, A., Setiani, V., Hardiyanti, F., Studi, P., Pengolahan, T., Perkapalan, P., Surabaya, N., Studi, P., Bisnis, M., Perkapalan, P., & Surabaya, N. (2019). *PENGARUH TREATMENT ALKALI TERHADAP KARAKTERISTIK FIBER SABUT KELAPA SAWIT DAN.* 5(2).
- Sipil, E. D. A. N., Bandio, F. R., Nasution, R. H., & Siregar, Z. H. (2022). *ANALISIS KAPASITAS PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE ROUGHT CUT CAPACITY PLANNING (RCCP).*
- Sipil, E. D. A. N., Siregar, Z. H., Nasution, A. F., Fazri, M., & Puspita, R. (2024). *THE EFFECT OF FUEL MIXTURE COMPOSITION ON GASOLINE.* 05(02), 394–402. <https://doi.org/10.54123/vorteks.v5i2.389>
- Sipil, E. D. A. N., Syam, A. A., Siregar, Z. H., & Harahap, U. N. (2022). *PERENCANAAN KAPASITAS DAN WAKTU PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE CAPACITY REQUIREMENT PLANNING (CRP) PADA INDUSTRI TAHU TEMPE.* 03(01), 174–181.
- Utomo, S. N. (2025). *Analisis Mekanik Material Komposit Berbasis Sabut Kelapa - Resin Epoxy Terhadap Kekuatan Impact dan Lentur Untuk Pengaplikasian Pada Dinding Non-Struktural.* 5, 9043–9069.