

STUDI SIFAT TARIK DAN IMPAK SERAT NANAS DAN RAMI DIPENGARUHI FRAKSI VOLUME KOMPOSIT MATRIKS POLYESTER

STUDY ON THE TENSILE AND IMPACT PROPERTIES OF PINEAPPLE AND HEMP FIBERS INFLUENCED BY THE VOLUME FRACTION OF POLYESTER MATRIX COMPOSITES

Muhammad Mu'izzul As'ad¹⁾, Alwi Isya Bakhtiar¹⁾, Eqwar Saputra¹⁾

¹⁾Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Banyumas, Indonesia

email: muizulasad42@gmail.com, alwiisya4@gmail.com*, eqwarsaputra@ump.ac.id

Received:

05 Agustus

2024

Accepted:

23 April 2025

Published:

26 April 2025

Abstract

This study aims to determine the effect of volume fraction on the orientation of unidirectional fibers on tensile strength and impact toughness. The fibers used are pineapple and hemp fibers, while the matrix used is Yukalac 157 BQTN-EX polyester resin. The composite is made using the hand lay up technique. Tensile test with ASTM D638 standard, charpy impact test with E23 standard. The results showed that the greatest tensile strength was obtained from polyester resin composites reinforced with hemp fibers in the composite volume fraction of 9 : 91, with a value of 69.45 MPa, while the lowest tensile strength was in the fiber volume fraction of 3 : 97, with a value of 39.580 MPa in pineapple fiber composites. In addition, the composite has the highest impact toughness value in the fiber volume fraction of 12 : 88 pineapple fiber which has an impact price of 0.00700326 J/mm², and the lowest impact price in hemp fiber composite at the fiber volume fraction of 3 : 97 with an impact price of 0.001647243 J/mm². The results of the tensile strength and impact values can be found that giving the difference in volume fraction with the orientation of unidirectional fibers on the composite is so influential.

Keywords: Tensile Test, Impact Test, Pineapple Fiber, Hemp Fiber, Polyester

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume terhadap orientasi serat searah terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impak. Serat yang digunakan adalah serat nanas dan rami, sedangkan matriks yang digunakan resin poliester Yukalac 157 BQTN-EX. Komposit dibuat menggunakan teknik *hand lay up*. Uji tarik dengan standar ASTM D638, uji impak charpy dengan standar E23. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik terbesar diperoleh dari komposit resin poliester yang diperkuat dengan serat rami pada fraksi volume komposit 9 : 91, dengan nilai 69,45 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah pada fraksi volume serat 3 : 97, dengan nilai 39,580 MPa pada komposit serat nanas. Selain itu, komposit mempunyai nilai ketangguhan tumbukan paling tinggi pada fraksi volume serat 12 : 88 serat nanas yang mempunyai harga impak sebesar 0,00700326 J/mm², dan harga impak terendah pada komposit serat rami pada fraksi volume serat 3 : 97 dengan harga impak sebesar 0,001647243 J/mm². Hasil nilai kekuatan tarik dan impak dapat diketahui bahwa memberi perbedaan fraksi volume dengan orientasi serat searah pada komposit begitu berpengaruh.

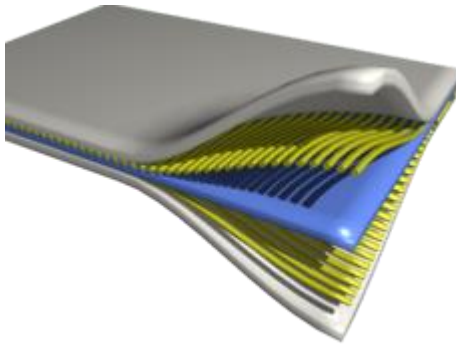
Kata Kunci: Uji Tarik, Uji Impak, Serat Nanas, Serat Rami, Polyester

DOI: 10.20527/jtam_rotary.v7i1.13157

How to cite: As'ad, M. M., Bakhtiar, A. I., & Saputra, E., "Studi Sifat Tarik Dan Impak Serat Nanas Dan Rami Dipengaruhi Fraksi Volume Komposit Matriks Polyester". *JTAM ROTARY*, 7(1), 87-98, 2025.

PENDAHULUAN

Perkembangan material komposit dibidang rekayasa sangat pesat, seiring dengan hasil riset komposit yang mampu bersaing dengan produk produk berbahan logam hal itu karena bahan komposit memiliki keuntungan berupa tahan terhadap korosi rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah dan proses pembuatannya mudah (Widi & Sujaya, 2020) komposit berbahan serat alam merupakan material yang ramah lingkungan selain itu harganya juga relatif murah, mampu meredam suara, densitasnya yang rendah, jumlah yang melimpah dan kemampuan mekaniknya tinggi (Widi & Sujaya, 2020).



Gambar 1. Material Komposit

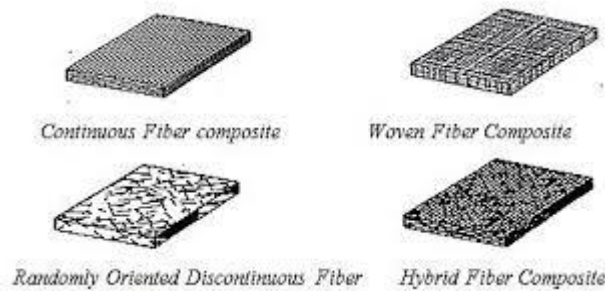
Material komposit adalah material yang dibentuk dengan mencampurkan dua atau lebih komponen berbeda, yang masing-masing mempunyai sifat mekanis berbeda (Sriwita & Astuti, 2014), (Alshammari *et al.*, 2019).



Gambar 2. Komposit Berbahan Serat Alam

Kekuatan tarik dengan menggunakan standar ASTM D 638 pada penelitian fraksi volume terhadap kekuatan tarik dan serat linier kontinu. Mendapatkan hasil kuat tarik serat polyester Kenaf sebesar 24,04 MPa pada Vf 10%, 28,35 MPa pada Vf 15% dan 38,32 MPa pada Vf 20%. Nilai terbesar terdapat pada Vf 20% dan terendah pada Vf 10%. Kuat tarik serat polyester rayon sebesar 22,81 MPa Vf 10%, 51,23 MPa Vf 15% dan 50,46 MPa Vf 20%. Nilai tertinggi pada Vf 15% dan terendah pada Vf 10% menunjukkan bahwa kekuatan tarik meningkat seiring dengan meningkatnya volume serat (Hariyanto, 2009). Panjang serat yang lebih panjang memberikan kekuatan yang lebih besar pada komposit, serat pendek dan memungkinkan distribusi yang lebih seragam dalam matriks, namun memiliki kekuatan mekanis yang lebih rendah dibandingkan komposit serat panjang (Shah, 2013), Tugas utama komposit yang diperkuat serat adalah untuk mentransfer tekanan antar serat,

memastikan ketahanan terhadap lingkungan yang merugikan dan melindungi permukaan serat dari pengaruh mekanis dan kimia (Vijay *et al.*, 2019), Rasio serat sangat mempengaruhi kekuatan tarik material komposit (Cavalcanti *et al.*, 2019).



Gambar 3. Jenis-Jenis Komposit Serat

Berdasarkan penjelasan di atas, peneliti akan menganalisa tentang pengaruh fraksi volume serat dengan orientasi serat kontinu searah terhadap kekuatan tarik dan impak, material komposit serat rami dan serat nanas yang dilapisi resin polyester sebagai matriknya dengan variasi serat 0%, 3%, 9%, dan 12%. Dari hasil uji keduanya dilakukan analisa foto makro patahan pada komposit. analisa sifat mekanik dan morfologi dapat memberikan wawasan untuk memahami serat daun nanas dan batang rami bahwa dapat meningkatkan kinerja material komposit. Mengevaluasi kekuatan tarik, ketahanan kejut dan struktur makro sangat penting untuk menilai kesesuaian dalam aplikasi teknik struktural. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh orientasi serat searah pada serat yang dicampur resin poliester terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impak (Cavalcanti *et al.*, 2019).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa alat yaitu cetakan spesimen (mold uji tarik ASTM D638 dan uji impak E23), timbangan digital, amplas, gelas ukur, cutter, jangka sorong, magnetic stirrer, gerinda, gergaji dan penggaris. Penelitian ini menggunakan beberapa bahan yaitu serat daun nanas, serat batang rami, polyester (*Unsaturated Polyester Resin (UPRs)*) (*yukalac*), katalis (*mexpo*), tisu, NaOH dan wax.

Persiapan Serat

Serat daun nanas dan batang rami yang sudah di lakukan proses alkalisasi dengan direndam NaOH 5 % selama 2 jam dengan tujuan menambah sifat *reinforcement* yang lebih baik dari sebelumnya, kemudian serat di potong dengan panjang menyesuaikan panjang masing-masing cetakan untuk uji tarik (115mm), uji impak (55mm). Serat tersebut kemudian disisir menggunakan plat plastik tumpul untuk membentuk serat yang panjang dan siap digunakan.

Fraksi Volume Komposit

Fraksi volume merupakan komposisi pada material komposit yang dibuat berdasarkan banyaknya persentase penyusunan yang digunakan untuk membuat material komposit tersebut. Saat proses fabrikasi komposit penyusunan serat alam saat serat dicampurkan posisi serat searah dengan panjang cetakan sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih maksimal.

Untuk menentukan fraksi volume komposit maka perlu diketahui total volume komposit yang akan dicetak. Dengan asumsi yang dipakai, volume cetak = volume komposit, sehingga perhitungannya adalah :

$$V_{\text{cet}} = V_{\text{komp}}$$

Untuk menentukan massa jenis serat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus $\rho = m/v$, dimana ρ adalah massa jenis, m adalah massa, dan v adalah volume. Serat (dengan perlakuan NaOH 5%). Serat diukur menggunakan timbangan digital untuk mengetahui berat serat (rami: 1,52; nanas: 2,2 gram). Selanjutnya serat dipindahkan ke dalam gelas 30 ml yang berkapasitas 30 ml (rami: 1 ml; nanas: 2 ml). Hasilnya, konsentrasi seratnya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Masa serat (m)} &= 1,52 \text{ gram} \\ \text{Volume serat (v)} &= 1 \text{ ml} \\ \text{Masa jenis serat } (\rho) &= m/v \\ &= 1,52/1 \\ &= 1,52 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan Komposisi Uji Tarik

Berikut tata cara penghitungannya, volume komposit diasumsikan sama dengan volume cetakan, itulah hasil perhitungannya.

$$\text{Volume cetak (V}_{\text{ctk}}) = \text{Volume komposit (V}_{\text{komp}})$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, V}_{\text{komp}} &= 13 \times 3 \times 0,3 \\ &= 11,7 \text{ cm}^3 = 11,7 \text{ ml} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan fraksi volume serat 100% Resin, 0% Serat, yaitu:

1. Menghitung volume serat:

$$\begin{aligned} \text{Volume serat (V}_s) &= 0\% \times V_{\text{komp}} \\ &= 0/100 \times 11,7 \text{ cm}^3 \\ &= 0 \text{ ml} \end{aligned}$$

2. Massa serat dapat dihitung menggunakan perhitungan volume serat:

$P = m/v$, dengan massa serat jenis serat rami 1,52 gram/cm³, sehingga, massa serat (m_s)

$$\begin{aligned} \text{Masa serat } m_s &= \rho \times V_s \\ &= 1,52 \text{ gr/cm}^3 \times 0 \\ &= 0 \text{ gram} \end{aligned}$$

3. Menghitung volume resin:

$$\begin{aligned} \text{Volume matrik (V}_m) &= V_f\% \times V_{\text{comp}} \\ &= 100/100 \times 11,7 \\ &= 11,7 \text{ ml} \end{aligned}$$

Perhitungan Komposisi Uji Impak

Berikut tata cara penghitungannya, volume komposit diasumsikan sama dengan volume cetakan, itulah hasil perhitungannya.

$$\text{Volume cetak (V}_{\text{ctk}}) = \text{Volume komposit (V}_{\text{komp}})$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, V}_{\text{komp}} &= 5,5 \times 1 \times 1 \\ &= 5,5 \text{ cm}^3 = 5,5 \text{ ml} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan fraksi volume serat 100% Resin, 0% Serat, yaitu:

1. Menghitung volume serat:

$$\begin{aligned}\text{Volume serat (Vs)} &= 0\% \times V_{\text{komp}} \\ &= 0/100 \times 5,5 \text{ cm}^3 \\ &= 0 \text{ ml}\end{aligned}$$

2. Massa serat dapat dihitung menggunakan perhitungan volume serat:

$P = m/v$, dengan massa serat jenis serat rami $1,52 \text{ gram/cm}^3$, sehingga, massa serat (m_s)

$$\begin{aligned}m_s &= \rho \times V_s \\ &= 1,52 \text{ gr/cm}^3 \times 0 \\ &= 0 \text{ gram}\end{aligned}$$

3. Menghitung volume resin:

$$\begin{aligned}\text{Volume matrik (Vm)} &= V_f\% \times V_{\text{comp}} \\ &= 100/100 \times 5,5 \\ &= 5,5 \text{ ml}\end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus yang sama, maka didapatkan nilai yang diperlukan pada masing-masing fraksi volume yang terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Fraksi volume komposit uji tarik serat rami

No	Resin (%)	Serat (%)	Volume cetakan	volume serat	masa serat	volume resin
1	100	0	11,7	0	0	11,7
2	97	3	11,7	0,351	0,53352	11,349
3	91	9	11,7	1,053	1,60056	10,647
4	88	12	11,7	1,404	2,13408	10,296

Tabel 2. Fraksi volume komposit uji tarik serat nanas

No	Resin (%)	Serat (%)	Volume cetakan	volume serat	masa serat	volume resin
1	100	0	11,7	0	0	11,7
2	97	3	11,7	0,351	0,3861	11,349
3	91	9	11,7	1,053	1,1583	10,647
4	88	12	11,7	1,404	1,5444	10,296

Tabel 3. Fraksi volume komposit uji impak serat rami

	Resin (%)	Serat (%)	Volume cetakan	volume serat	masa serat	volume resin
1	100	0	5,5	0	0	5,5
2	97	3	5,5	0,165	0,2508	5,335
3	91	9	5,5	0,33	0,5016	5,17
4	88	12	5,5	0,495	0,7524	5,005

Tabel 4. Fraksi volume komposit uji impak serat nanas

No	Resin (%)	Serat (%)	Volume cetakan	volume serat	masa serat	volume resin
1	100	0	5,5	0	0	5,5
2	97	3	5,5	0,165	0,1815	5,335

3	91	9	5,5	0,33	0,363	5,17
4	88	12	5,5	0,495	0,5445	5,005

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu material seperti kekuatan tarik, tegangan luluh dan regangan yang terjadi. Pada penelitian ini, kekuatan tarik dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh fraksi volume dan orientasi serat terhadap kekuatan tarik spesimen. Pengujian kekuatan tarik dilakukan terhadap spesimen uji tarik sesuai dengan standar ASTM D638. Kekuatan tarik (*tensile strength*) menunjukkan kemampuan bahan untuk menerima beban / tegangan saat rusak / patah untuk komposit, dinyatakan dengan kemampuan maksimum sebelum putus. Hasil pengujian kekuatan tarik komposit serat daun nanas dengan matriks *polyester* ditunjukkan pada tabel dibawah:

Tabel 5. Hasil Pengujian Uji Tarik Komposit Serat Nanas

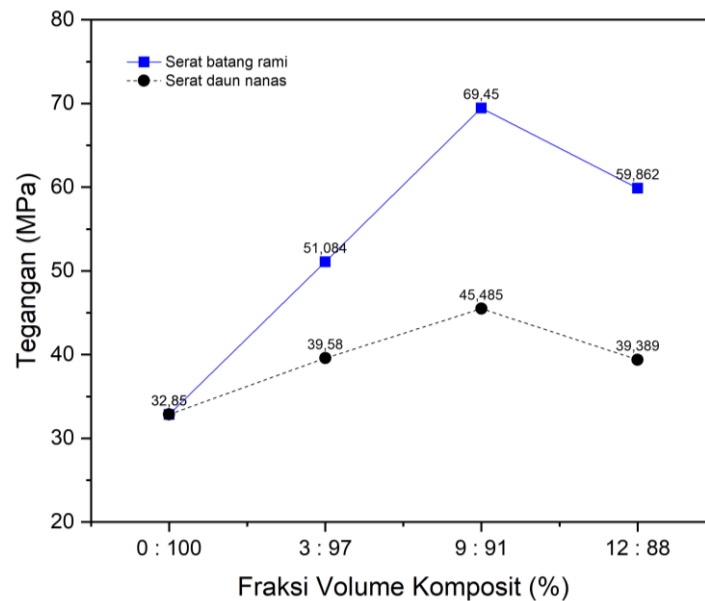
No	Fraksi volume (%)	Beban (kN)	Tegangan (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
1	0	0,55877	32,85	3,3305	986,3
2	3	0,64317	39,580	3,8770	1020,8
3	9	0,7505	45,485	4,0538	1122
4	12	0,68065	39,389	3,3885	1162,4

Tabel 6. Hasil Pengujian Uji Tarik Komposit Serat Rami

No	Fraksi volume (%)	Beban (kN)	Kekuatan Tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (MPa)
1	0	0,55877	32,85	3,3305	986,3
2	3	0,71722	51,084	4,6621	1095,7
3	9	0,93341	69,45	5,875	1182,1
4	12	0,88715	59,862	4,9042	1220,6

Tegangan

Grafik hubungan antara fraksi volume komposit terhadap tegangan dapat dilihat pada gambar 4.

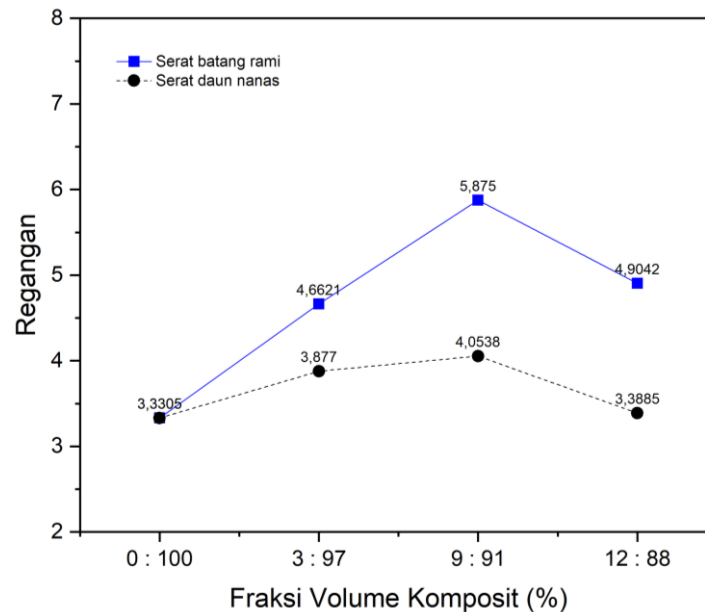


Gambar 4. Grafik Hubungan Fraksi Volume Komposit Terhadap Tegangan

Hubungan fraksi volume serat batang rami dan serat daun nanas terhadap kekuatan tarik material komposit di atas ditunjukkan pada Gambar 4. Telah terbukti bahwa kekuatan tarik yang diperoleh dipengaruhi oleh fraksi volume serat. Pada fraksi volume 9:91, tegangan tarik maksimum serat daun nanas dan serat batang rami masing-masing sebesar 69,45 MPa dan 45,485 MPa. Peningkatan kelenturan disebabkan oleh kuatnya ikatan antara serat dan matriks, serta persentase serat daun nanas dan batang rami pada komposit. Orientasi serat pada komposit mempunyai peranan dalam peningkatan kekuatan tarik. Orientasi serat-serat sama dengan panjang komposit. Ketika komposit mengalami tekanan, matriks mampu menahan tekanan dan ditransfer oleh serat sebelum komposit mengalami kegagalan. Dari gambar 4 juga terlihat fraksi volume yang lebih tinggi 12:88 mengalami penurunan secara signifikan yaitu 59,862 MPa untuk serat batang rami dan 39,389 MPa untuk serat daun nanas. Artinya komposit dengan kandungan volume serat yang tinggi tidak selalu mempunyai tegangan tarik yang tinggi (Setyawan & Sari, 2012). Persentase volume serat mempengaruhi luas permukaan serat. Persentase yang lebih tinggi mengakibatkan penurunan ikatan antar serat seiring dengan mengecilnya matriks pada komposit dan jumlah serat yang akan diikat bertambah sehingga mengakibatkan ikatan antara serat dan matriks menjadi kurang optimal (Smith & Lee, 2022).

Regangan

Grafik hubungan antara fraksi volume komposit terhadap regangan dapat dilihat pada gambar 5.



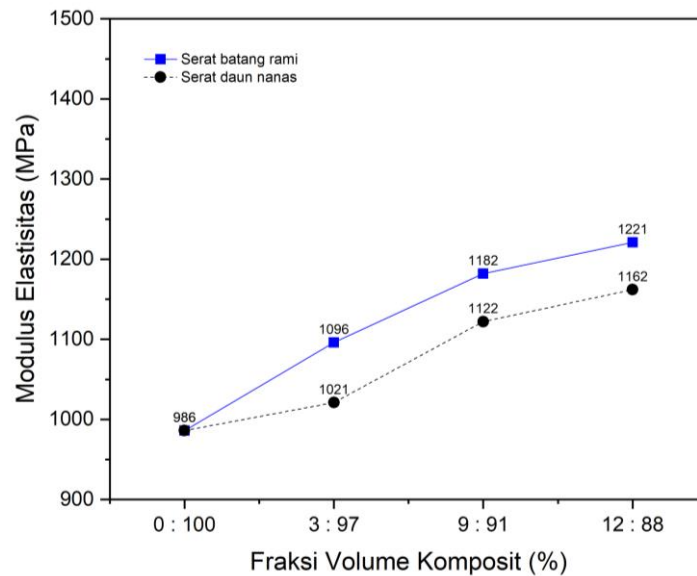
Gambar 5. Grafik Hubungan Fraksi Volume Komposit Terhadap Regangan

Seperti terlihat pada Gambar 5 Tegangan yang terkait dengan material komposit yang terdiri dari serat daun nanas dan serat batang rami meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi volume masing-masing. Material komposit menunjukkan nilai elongasi tertinggi pada fraksi volume 9:91, yaitu nilai elongasi serat batang rami sebesar 5,875 dan nilai elongasi serat daun nanas sebesar 4,0538, sedangkan nilai elongasi serat batang rami mengalami penurunan pada fraksi volume 12: 88. Penurunan regangan terjadi, kemungkinan karena konsentrasi serat yang terlalu tinggi menyebabkan distribusi yang tidak merata atau pengaruh aglomerasi serat.

Serat batang rami memiliki regangan lebih tinggi dibandingkan serat daun nanas di semua fraksi volume komposit. Serat batang rami lebih elastis dibandingkan serat daun nanas, cocok untuk aplikasi yang membutuhkan deformasi elastis lebih besar sebelum gagal. Serat daun nanas memiliki regangan lebih kecil tetapi masih cocok untuk aplikasi dengan kebutuhan elastisitas yang lebih moderat (Sharma & Mehra, 2023). .

Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan ketahanan material untuk berdeformasi saat menerima beban dari luar. Dari hasil pengujian kekutan tarik juga didapat nilai modulus elastisitas dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan Fraksi Volume Komposit Terhadap Modulus Elastisitas

Gambar 6 menunjukkan bahwa modulus elastisitas meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi volume serat. Nilai tertinggi modulus elastisitas pada perbandingan 12:88 yaitu 1221 MPa untuk serat batang rami dan 1162 MPa untuk serat daun nanas. Hasil yang sudah didapat pada komposit serat daun nanas dan batang rami memiliki sifat yang kaku karena memiliki modulus yang tinggi, perbedaan kekuatan pada setiap volume serat terjadi karena semakin banyak serat akan saling tarik menarik antara serat dan matriks sehingga tumpuan beban pada saat penarikan merata. Sedangkan semakin sedikit serat kekuatan turun karena serat dan matriks tidak saling menguatkan sehingga tumpuan beban yang terjadi hanya ke salah satu tidak merata.

Serat batang rami menunjukkan performa modulus elastisitas yang lebih baik dibandingkan serat daun nanas. Serat batang rami lebih unggul dalam memberikan kekakuan pada komposit, cocok untuk aplikasi struktural yang membutuhkan modulus elastisitas tinggi. Serat daun nanas lebih ekonomis tetapi memberikan modulus elastisitas yang lebih rendah dibandingkan serat batang rami, cocok untuk aplikasi dengan kebutuhan kekakuan sedang (Smith & Lee, 2022).

Pengujian Impak

Pengujian mekanis suatu material berupa pengujian impak bertujuan untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap energi tumbukan hingga material tersebut mengalami deformasi plastis (patah). Hasil pengujian kekuatan impak komposit serat daun nanas dengan matriks *polyester* ditunjukkan pada tabel dibawah :

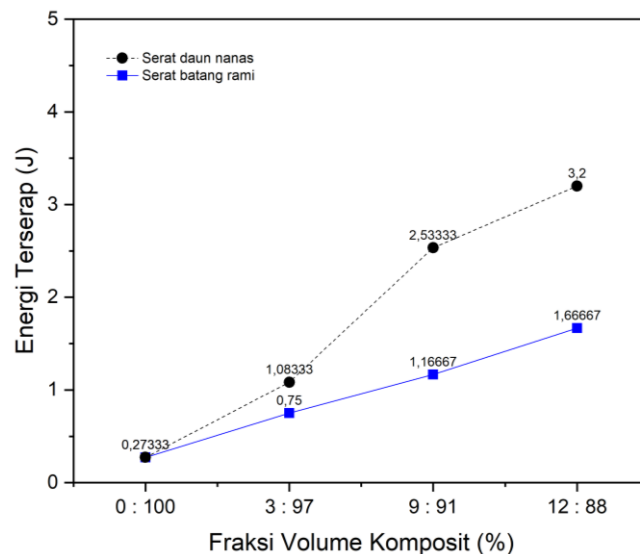
Tabel 7. Hasil uji impak komposit serat daun nanas

No	Fraksi Volume (%)	Energi Terserap (J)	Harga Impak (J/mm ²)
1	0	0,27333333	0,000612156
2	3	1,08333333	0,002345125
3	9	2,53333333	0,005511601
4	12	3,2	0,00700326

Tabel 8. Hasil uji impak komposit serat batang rami

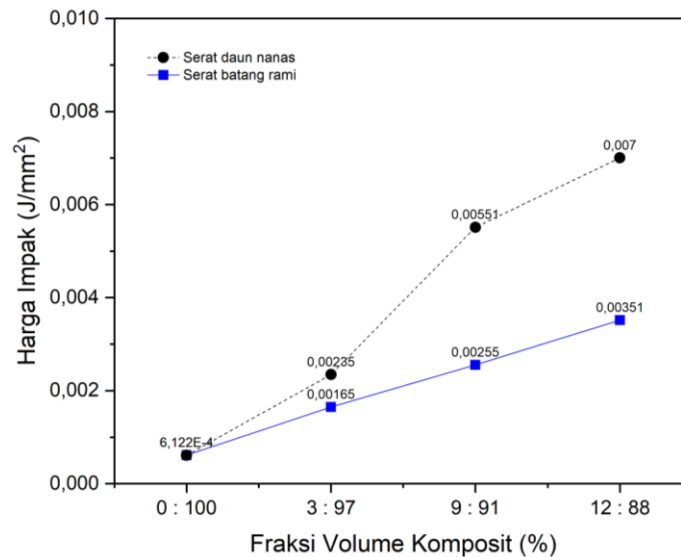
No	Fraksi Volume (%)	Energi Terserap (J)	Harga Impak (J/mm ²)
1	0	0,27333333	0,000612156
2	3	0,75	0,001647243
3	9	1,166666667	0,002554416
4	12	1,666666667	0,003513629

Grafik hubungan antara fraksi volume komposit terhadap energi terserap dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan Fraksi Volume Komposit Terhadap Energi Terserap

Dari gambar 7 terlihat bahwa semakin besar fraksi volume serat daun nanas dan serat batang rami maka energi yang diserap juga semakin besar. Pengujian dilakukan dengan variasi yang berbeda untuk mengetahui energi yang diserap. Fraksi volume serat 3% mengalami kenaikan signifikan 1,08 joule serat daun nanas, 0,75 joule serat batang rami. 9% mengalami kenaikan juga sebesar 2,53 joule serat daun nanas, 1,16 joule serat batang rami. Dimana nilai energi serap paling tinggi yaitu pada fraksi volume serat 12% yaitu 3,2 J untuk serat daun nanas dan 1,66667 untuk serat batang rami. hasil rata-rata pengujian yang telah dilakukan bahwa komposisi material, penggunaan serat dan matriks serta kerapatan serat sangat mempengaruhi nilai energi serap. Hasil patahan tiap sampel berbeda-beda. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa komposisi fraksi volume serat 12% merupakan komposisi yang paling baik karena mempunyai ketangguhan yang baik dan keuletan yang tinggi dibandingkan dengan komposisi fraksi volume serat komposisi lainnya (Fahmi & Arifin, 2014).



Gambar 8. Grafik Hubungan Fraksi Volume Komposit Terhadap Harga Impak

Gambar 8 menunjukkan bahwa dampak harga serat daun nanas dan batang rami pada fraksi volume 0%, 3%, 9% dan 12% meningkat seiring dengan peningkatan fraksi volume, dimana dampak harga fraksi volume 12% adalah yang tertinggi, menunjukkan bahwa itu adalah komponen serat tertinggi. Berdasarkan pengujian, serat daun nanas sebesar 0,007 J/mm² dan serat batang rami sebesar 0,00351 J/mm². Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak fiber yang digunakan maka nilai dampak harga semakin tinggi. Hal ini juga sesuai dengan penelitian (Fahmi & Arifin, 2014).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kekuatan tarik rata-rata material komposit paling tinggi serat daun nanas pada fraksi volume komposit 9 : 91, dengan nilai 69,45 MPa.
2. Semakin banyak persentase dari serat nanas atau rami maka nilai harga dampak semakin optimal.

REFERENSI

- Alshammari, B. A., Alotaibi, M. D., Alothman, O. Y., Sanjay, M. R., Kian, L. K., Almutairi, Z., & Jawaid, M. (2019). A New Study on Characterization and Properties of Natural Fibers Obtained from Olive Tree (*Olea europaea* L.) Residues. *Journal of Polymers and the Environment*, 27(11), 2334–2340. <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01526-8>
- Cavalcanti, D. K. K., Banea, M. D., Neto, J. S. S., Lima, R. A. A., da Silva, L. F. M., & Carbas, R. J. C. (2019). Mechanical characterization of intralaminar natural fibre-reinforced hybrid composites. *Composites Part B: Engineering*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107149>
- Fahmi, H., & Arifin, D. N. (2014). Pengaruh Variasi Komposisi Komposit Resin Epoxy/Serat Glass Dan Serat Daun Nanas Terhadap Ketangguhan. In *Jurnal Teknik Mesin* (Vol. 4, Issue 2).
- Hariyanto, A. (2009). Pengaruh Fraksi Volume Komposit Serat Kenaf dan Serat Rayon Bermatrik Poliester Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impak. Agus Haryanto.
- Setyawan, P. D., & Sari, N. H. (2012). Pengaruh Orientasi Dan Fraksi Volume Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus*) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Tak Jenuh.

- Shah, D. U. (2013). Developing plant fibre composites for structural applications by optimising composite parameters: A critical review. In *Journal of Materials Science* (Vol. 48, Issue 18, pp. 6083–6107). <https://doi.org/10.1007/s10853-013-7458-7>
- Sharma, R., & Mehra, R. (2023). "Effect of Fiber Volume Fraction on Composite Strain Performance." *Journal of Composite Materials*, 58(3), 245-260.
- Smith, J. P., & Lee, T. (2022). "Mechanical Properties of Natural Fiber Composites." *International Journal of Advanced Materials*, 45(4), 334-342.
- Sriwita, D., & Astuti. (2014). Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nanas-Polyester Ditinjau Dari Fraksi Massa dan Orientasi Serat.
- Vijay, R., Lenin Singaravelu, D., Vinod, A., Sanjay, M. R., Siengchin, S., Jawaaid, M., Khan, A., & Parameswaranpillai, J. (2019). Characterization of raw and alkali treated new natural cellulosic fibers from *Tridax procumbens*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 125, 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.056>
- Widi, I. K. A., & Sujaya, W. (2020). Analisa Uji Tarik Dan Impak Komposit Epoxy Rami-Agave - Karbon Dengan Campuran Epoxy-Karet Silikon (30%, 40%, 50%). *Jurnal Flywheel*, 11.