

PENGARUH FRAKSI VOLUME DAN ARAH SERAT RAMI TERHADAP KEKUATAN IMPAK MATERIAL KOMPOSIT UNTUK APLIKASI BUMPER

Fina Andika Frida Astuti^{*1}, Arif Rochman Fachrudin², Mira Esculenta Martawati³

^{1, 2, 3}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang

Corresponding author*: fina.andika@polinema.ac.id

ABSTRACT

The rapid growth of the automotive industry demands ongoing innovation in material engineering to improve vehicle performance and safety. The bumper, as a key structural component, must provide collision protection while supporting fuel efficiency and reducing environmental impact. A major challenge is producing bumpers that are both strong and lightweight, prompting exploration of composite materials. Among natural fibers suitable for composite reinforcement, ramie fiber is a promising candidate. Ramie fiber offers several advantages, including high mechanical strength and relatively low density. The objective of this study is to develop a composite material with high impact strength as an alternative bumper material. An experimental research method was employed, with composite fabrication carried out using the hand lay-up technique. The variables in this study included fiber orientation vertical, horizontal, and random. Volume fraction with variations of 30% fiber and 70% matrix; 45% fiber and 55% matrix; and 60% fiber and 40% matrix. The results indicate that both fiber orientation and volume fraction significantly affect impact strength. The lowest impact strength was observed in specimens with horizontal fiber orientation and a 30% fiber volume fraction, yielding 0.00719 J/mm². The highest impact strength was obtained from specimens with vertical fiber orientation and a 60% fiber volume fraction, reaching 0.05578 J/mm². Based on these findings, ramie fiber composites meeting the minimum impact strength standard for Toyota bumpers are those with a 60% fiber and 40% matrix composition, particularly with random or vertical fiber orientations.

Keywords: Fiber orientation, bumper, volume fraction, impact strength, ramie

ABSTRAK

Industri otomotif berkembang sangat cepat sehingga membutuhkan inovasi terus-menerus, terutama dalam teknik material. Bumper adalah bagian penting kendaraan karena berfungsi melindungi saat terjadi benturan dan juga mempengaruhi efisiensi bahan bakar. Tantangan saat ini adalah membuat bumper yang kuat tetapi tetap ringan, sehingga para peneliti mencari bahan alternatif seperti komposit berbahan serat alami. Salah satu serat alami yang berpotensi adalah serat rami. Serat rami memiliki beberapa keunggulan, kekuatan mekanik yang tinggi, dan densitas yang relatif rendah. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan material komposit dengan kekuatan impak tinggi sebagai alternatif bahan bumper. Metode penelitian adalah metode eksperimen, dan pembuatan komposit dilakukan menggunakan teknik *hand lay-up*. Variabel penelitian meliputi orientasi serat vertikal, horizontal, dan acak. Fraksi volume serat dengan variasi 30% serat dan 70% matriks; 45% serat dan 55% matriks; dan 60% serat dan 40% matriks. Hasil menunjukkan bahwa orientasi serat dan fraksi volume berpengaruh signifikan

terhadap kekuatan impak. Kekuatan impak terendah ditemukan pada spesimen dengan orientasi serat horizontal dan fraksi volume 30% serat, yaitu 0.00719 J/mm^2 . Kekuatan impak tertinggi diperoleh pada spesimen dengan orientasi serat vertikal dan fraksi volume 60% serat, yaitu 0.05578 J/mm^2 . Berdasarkan temuan ini, komposit serat rami yang memenuhi standar minimal kekuatan impak untuk bumper Toyota adalah komposit dengan komposisi 60% serat dan 40% matriks, khususnya dengan orientasi serat acak atau vertikal.

Kata Kunci: arah serat, bumper, fraksi volume, kekuatan impak, rami

A. Pendahuluan

Bumper merupakan salah satu sistem keselamatan pasif pada kendaraan. Bumper berfungsi sebagai perisai pertama pada saat terjadi benturan, sehingga memiliki peran penting dalam melindungi kendaraan dan penumpang. Bumper dirancang untuk menyerap sebagian besar energi kinetik, sehingga dapat mengurangi potensi cedera pada penumpang serta mengurangi kerusakan yang terjadi pada struktur kendaraan (BEYTÜT et al., 2020)

Bumper yang dirancang dengan baik dapat mengurangi risiko cedera pada penumpang dan meredam dampak dari kecelakaan, memastikan bahwa kendaraan memenuhi standar keamanan yang ditetapkan oleh lembaga otoritas. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang fungsi dan pentingnya bumper dalam konteks keselamatan kendaraan menjadi suatu keharusan bagi industri otomotif dan masyarakat umum.

Penelitian dan pengembangan terus dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan performa bumper mobil.

Seiring tuntutan industri otomotif yang terus berkembang, muncul kebutuhan untuk mendesain bumper yang tidak hanya kuat tetapi juga ringan demi efisiensi bahan bakar dan pengurangan dampak lingkungan. Salah satu pendekatannya adalah penggunaan material komposit yang memiliki kapasitas serapan energi tinggi serta densitas rendah (Pilipovi, 2020).

Komposit adalah campuran yang terdiri dari dua atau lebih fase berbeda. Umumnya merupakan gabungan matriks dan *reinforcement* (penguat). Penggabungan kedua material ini menghasilkan sifat mekanik yang lebih unggul daripada masing-masing komponen secara terpisah (Rendy & Syahrizal, 2021).

Seiring meningkatnya kesadaran lingkungan dan kebutuhan material ringan sekaligus kuat, penggunaan

serat alam sebagai *reinforcement* komposit dapat dikembangkan. Serat alam menawarkan keuntungan seperti ketersediaan sumber terbarukan, densitas rendah, dan jejak karbon lebih kecil dibandingkan serat sintetis seperti karbon atau kaca (Du et al., 2015).

Salah satu serat alam yang bisa digunakan komposit sebagai bahan alternatif untuk pembuatan bumper yaitu serat rami. Serat rami sangat menjanjikan untuk aplikasi komposit karena kombinasi kekuatan mekanik yang tinggi, sifat serat yang lurus, dan densitas relatif rendah (Soemardi et al., 2023).

Kekuatan impak komposit juga dipengaruhi oleh arah serat. Susunan arah serat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit yaitu arah serat dengan variasi vertikal, horizontal dan acak. Semakin acak orientasi seratnya maka sifat mekanik pada satu arahnya akan semakin melemah sehingga dapat menurunkan kekuatan impaknya. Arah serat yang memiliki pengaruh yang besar terhadap penyerapan energi impak adalah arah serat yang melintang terhadap arah datangnya beban kejut (vertikal). Sedangkan arah serat yang searah dengan arah

beban kejut (horizontal) memiliki kekuatan impak yang lebih rendah (Moh Fawaid et al., 2014).

Kekuatan impak komposit selain dipengaruhi oleh arah serat juga dipengaruhi oleh fraksi volume (Armannia et al., 2025). Semakin banyak penggunaan fraksi volume serat, menyebabkan energi serap komposit mengalami kenaikan sehingga akan meningkatkan kekuatan impaknya. Hal ini didukung dengan definisi komposit yaitu serat sebagai penguat dan matrik sebagai pengikat. Komposit dengan kenaikan fraksi volume serat akan menambah kekuatan impak apabila matrik masih mampu mengisi antar permukaan pada serat, sehingga serat mengalami ikatan dengan matrik yang baik.

Penelitian tentang komposit daun pandan duri sebagai bahan alternatif bumper menghasilkan kekuatan impak sebesar $0,0124 \text{ J/mm}^2$. Hasil pengujian impak komposit daun pandan duri dibandingkan dengan spesimen bumper mobil toyota. Hasil menunjukkan bahwa kekuatan impak tertinggi dari komposit daun pandan duri belum bisa melebihi bumper mobil toyota. Kekuatan impak yang dibutuhkan untuk bemper mobil toyota

adalah 0,0388 J/mm² (Pambudi & Yudiono, 2020).

Penelitian komposit dengan menggunakan serat rami berpenguat serat karbon telah diteliti. Variasi penelitian yang dilakukan adalah fraksi volume serat dan arah orientasi serat. Fraksi volume serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 35% dan 45%. Variasi arah orientasi serat dalam penelitian ini adalah 90°, 45° dan 0°. Hasil penelitian menunjukkan fraksi volume serat berpengaruh terhadap kekuatan impak. Nilai kekuatan impak tertinggi pada fraksi volume serat 45% yaitu sebesar 0,068592 J/mm². Arah orientasi serat juga berpengaruh terhadap kekuatan impak komposit. Kekuatan impak tertinggi adalah pada variasi arah serat 0° yaitu sebesar 0,072819 J/mm² (Utomo, 2020).

Penelitian serat jerami menggunakan variasi serat dan resin epoxy telah dilakukan. Variasi komposisi serat yang dilakukan adalah 10%, 20%, 30%, dan 40%. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan jumlah serat meningkatkan kekuatan komposit. Fraksi volume 30% serat menghasilkan nilai kekuatan impak yang lebih baik dibandingkan dengan

fraksi volume serat yang lain. Penggunaan resin epoxy juga menghasilkan nilai kekuatan impak yang lebih tinggi dibandingkan dengan yukalac (Saidah et al., 2018).

Berdasarkan latar belakang dan penelitian terdahulu, pada penelitian ini akan dibuat komposit dengan bahan penguat serat rami yang menjadi solusi untuk bahan alternatif bumper yang kuat, ringan, serta ramah lingkungan dengan mempertimbangkan arah serat dan fraksi volume sehingga didapatkan komposit dengan kekuatan impak yang tinggi.

B. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang diterapkan merupakan penelitian eksperimental. Proses pembuatan komposit dilakukan menggunakan metode *hand lay-up*. Peralatan yang digunakan meliputi cetakan spesimen berbahan akrilik, gelas ukur, timbangan digital, wadah pencampur, kikir, kuas, batang pengaduk, busur derajat, mesin gergaji pita, dan mesin uji impak. Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan komposit mencakup larutan NaOH, aquades, matriks epoksi dan wax, serta serat rami.

Representasi visual serat rami ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Serat Rami

Serat rami direndam dalam larutan NaOH 5% selama 2 jam, kemudian dikeringkan selama 2 hari menggunakan sinar matahari. Selanjutnya, resin epoksi dicampur hardener dengan perbandingan 2:1 hingga homogen. Serat yang telah dipotong kemudian ditempatkan ke dalam cetakan sesuai dengan fraksi volume dan variabel yang ditetapkan. Setelah serat dan matriks dimasukkan ke dalam cetakan, cetakan ditutup dengan alas untuk meratakan permukaan serat. Komposit kemudian dipotong sesuai standar ASTM E23 untuk pengujian impak dengan metode Charpy. Standar ASTM E23 ditunjukkan pada Gambar 2.

Pengujian impak dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan impak komposit. Kekuatan impak komposit serat rami dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$E_0 = m \cdot g \cdot h_0 \quad (1)$$

$$E_1 = m \cdot g \cdot h_1 \quad (2)$$

$$h_0 = L - (L \cdot \cos \alpha) \quad (3)$$

$$h_1 = L - (L \cdot \cos \beta) \quad (4)$$

$$E_{serap} = E_0 - E_1 \quad (5)$$

$$Kekuatan_{impak} = \frac{E_{serap}}{\text{Luas penampang}} \quad (6)$$

Luas penampang = tinggi section dibawah takik x tebal sampel

Dimana:

E_0 : energi awal (joule)

E_1 : energi akhir (joule)

m : massa pendulum (kg)

h_0 : ketinggian pendulum sebelum dilepas (m)

h_1 : ketinggian pendulum setelah dilepas (m)

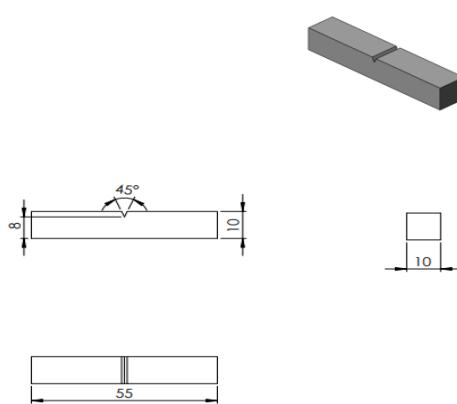
L : panjang lengan pendulum (m)

E_{serap} : energi serap (joule)

$Kekuatan_{impak}$: kekuatan impak (joule/mm²)

α : Sudut awal pendulum (°)

β : Sudut akhir pendulum (°)



Gambar 2. Serat Rami

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil pembuatan spesimen komposit dengan arah serat horisontal (a), vertikal (b), dan acak (c) dengan variasi fraksi volume serat ditunjukan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil spesimen uji impak komposit serat rami

	Serat 30% + Resin 70%	Serat 45% + Resin 55%	Serat 60% + Resin 40%
a			
b			
c			

Berdasarkan hasil pengujian impak pada setiap spesimen komposit berbasis serat rami, diperoleh nilai kekuatan impak yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil rata-rata kekuatan impak komposit serat rami

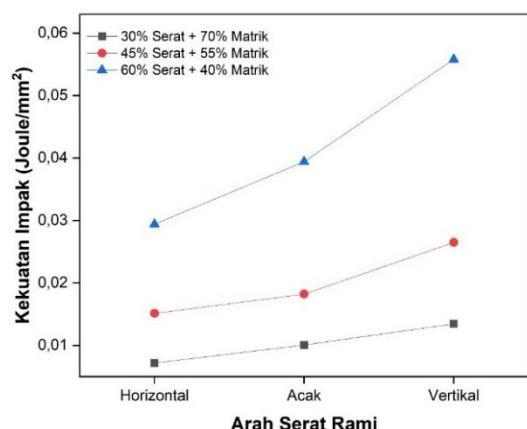
Arah Serat	Fraksi volume Serat	Fraksi volume Matriks	Rata-Rata Kekuatan Impak (J/mm^2)
Horizontal	30%	70%	0.00719
	45%	55%	0.01512
	60%	40%	0.02940
Vertikal	30%	70%	0.01345
	45%	55%	0.02649
	60%	40%	0.05578
Acak	30%	70%	0.01006
	45%	55%	0.01821
	60%	40%	0.03940

Analisis data menunjukkan bahwa kekuatan impak komposit mengalami variasi signifikan yang dipengaruhi oleh arah serat serta fraksi volume serat yang digunakan. Temuan ini menegaskan bahwa orientasi serat dan proporsi volume serat merupakan faktor kunci yang menentukan performa mekanik komposit, khususnya dalam hal ketahanan terhadap benturan.

Hubungan Antara Arah Serat Terhadap Kekuatan Impak

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh orientasi serat terhadap kekuatan impak pada komposit berbasis serat rami. Hasil pengujian mengindikasikan bahwa arah serat berperan signifikan dalam

menentukan kekuatan impak komposit. Variasi kekuatan impak sesuai dengan orientasi serat rami ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Arah Serat Rami terhadap Kekuatan Impak

Spesimen komposit berbasis serat rami dengan orientasi serat horizontal menunjukkan kekuatan impak yang relatif lebih rendah dibandingkan orientasi lainnya, yaitu berkisar antara $0,00719 \text{ J/mm}^2$ hingga $0,02940 \text{ J/mm}^2$. Komposit dengan orientasi serat acak menunjukkan kekuatan impak menengah, berkisar antara $0,01006 \text{ J/mm}^2$ hingga $0,0394 \text{ J/mm}^2$, sedangkan spesimen dengan orientasi serat vertikal memiliki kekuatan impak tertinggi, yaitu antara $0,01345 \text{ J/mm}^2$ hingga $0,05578 \text{ J/mm}^2$.

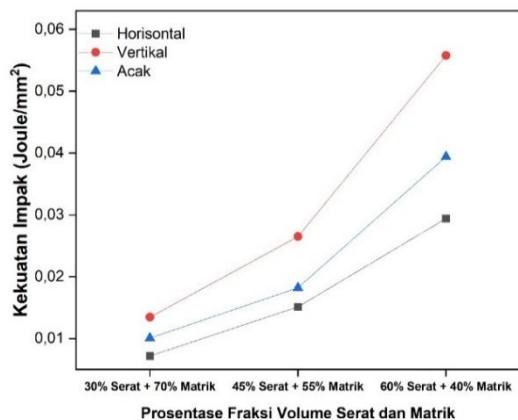
Arah serat vertikal memiliki nilai kekuatan impak paling tinggi. Hal ini disebabkan oleh susunan serat yang

melintang terhadap arah datangnya beban impak. Serat yang tersusun memanjang ini memungkinkan matriks dan serat bekerja secara sinergis dalam menyerap energi, sehingga beban yang diterima matriks dapat diteruskan secara efisien ke serat. Kombinasi penampang matriks dan penampang serat yang tersusun secara memanjang meningkatkan kemampuan material untuk menahan beban impak. Selain itu, arah serat vertikal bertindak sebagai penghalang fisik terhadap pertumbuhan retakan, sehingga memperlambat propagasi retakan dan meningkatkan kekuatan impak keseluruhan komposit.

Hubungan Antara Fraksi Volume Serat dan Matrik Terhadap Kekuatan Impak

Fraksi volume 30% serat dan 70% matrik memiliki kekuatan impak sebesar $0.00719 \text{ Joule/mm}^2$ hingga $0,01345 \text{ Joule/mm}^2$. Fraksi volume 45% serat dan 55% matrik memiliki kekuatan impak yaitu sebesar $0,01512 \text{ Joule/mm}^2$ hingga $0,02649 \text{ Joule/mm}^2$. Fraksi volume 60% serat dan 40% matrik memiliki kekuatan impak tertinggi yaitu sebesar $0.02940 \text{ Joule/mm}^2$ hingga $0.05578 \text{ Joule/mm}^2$. Grafik prosentase fraksi

volume serat dan matrik terhadap kekuatan impak ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik prosentase fraksi volume serat dan matrik terhadap kekuatan impak

Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume serat berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan impak pada komposit berbasis serat rami. Pada orientasi horizontal, spesimen dengan fraksi serat 30% menunjukkan kekuatan impak terendah sebesar 0,00719 J/mm². Ketika fraksi serat meningkat menjadi 45% dan 60%, kekuatan impak masing-masing meningkat menjadi 0,01512 J/mm² dan 0,02940 J/mm². Semakin meningkat fraksi volume serat yang digunakan meningkatkan kekuatan impak komposit (Zahrani et al., 2024).

Peningkatan ini dapat dijelaskan oleh peningkatan area penyerapan energi yang dihasilkan oleh serat.

Sebagai material alami, serat rami memiliki kemampuan untuk menyerap dan mendistribusikan beban impak secara efektif. Dengan meningkatnya fraksi serat, kontribusi serat dalam menyerap energi menjadi lebih besar, sehingga memperkuat ketahanan komposit terhadap beban impak. Hal ini menunjukkan fraksi volume serat berperan dalam mengoptimalkan kekuatan impak komposit berbasis serat rami.

Spesimen dengan fraksi volume serat 60% menunjukkan kekuatan impak yang relatif tinggi. Hal ini disebabkan oleh penguatan matriks melalui distribusi serat yang lebih banyak, sehingga komposit mampu menahan deformasi dan menyerap energi impak secara lebih efektif. Material dikatakan tangguh apabila memiliki kemampuan menyerap energi impak yang tinggi tanpa mengalami retak atau deformasi signifikan. Semakin besar energi yang dapat diserap oleh komposit maka semakin tinggi kekuatan impaknya.

Selain itu, pada fraksi volume serat 60% membantu mengurangi void dan meningkatkan adhesi antara serat dan matriks. Ikatan yang lebih baik ini meningkatkan kemampuan komposit dalam mentransfer beban

dan menahan energi impak, sehingga kekuatan impaknya meningkat secara signifikan. Kombinasi serat yang cukup banyak dan matriks yang tersatukan dengan baik menghasilkan komposit yang lebih tangguh terhadap beban impak.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, maka terdapat beberapa simpulan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Arah serat berpengaruh terhadap kekuatan impak. Kekuatan impak terendah berada pada arah horizontal sebesar 0.00719 J/mm^2 . Kekuatan impak tertinggi berada pada arah serat vertikal sebesar 0.05578 J/mm^2 .
- 2) Fraksi volume berpengaruh terhadap kekuatan impak. Kekuatan impak terendah berada pada fraksi volume 30% serat dan 70% matrik. Kekuatan impak tertinggi pada fraksi volume 60% serat dan 40% matrik

DAFTAR PUSTAKA

- Armannia, V. O., Manufaktur, P., & Bangka, N. (2025). Pengaruh Susunan Dan Fraksi Volume Serat Pandan Duri Terhadap Kekuatan Tarik Sebagai Bahan dasar Dashboard Mobil. 03(1).
- BEYTÜT, H., KARAGÖZ, S., & ÖZEL, S. (2020). Crashworthiness Investigation of Vehicle Front Bumper Beam With Different Cross-Sections Under Axial Dynamic Load. *European Journal of Technique (EJT)*, 10(1), 97–105.
- Du, Y., Yan, N., & Kortschot, M. . (2015). *The use of ramie fibers as reinforcements in composites*. 104–137.
- Moh Fawaid, S., Lusiani, R., & Cahyadi. (2014). Pengaruh Arah Serat Komposit Serat Daun Pandan Duri dengan Matrik POlyester Terhadap Kekuatan Tarik dan Impak Untuk Aplikasi Body Kendaraan Motor. *Teknika Sains dan teknologi*, 10(2), 151–160.
- Pambudi, R. L., & Yudiono, H. (2020). Jurnal Kompetensi Teknik Vol. 12, No.1, November 2020. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 12(1), 25–30.
- Pilipovi, A. (2020). *Influence of Polymer Composites and Memory Foam on Energy Absorption in Vehicle Application*. 15–20.
- Rendy, & Syahrizal. (2021). Pengaruh Variasi Arah dan Massa Serat TKKS terhadap Kekuatan Material Komposit Termoset. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 53–57.
- Saidah, A., Susilowati, S. E., & Nofendri, Y. (2018). Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Jerami Padi Epoxy Dan Serat Jerami Padi Resin Yukalac 157. *Jurnal Konversi Energi dan*

Manufaktur, 5(2), 96–101.
<https://doi.org/10.21009/jkem.5.2>
.7

Soemardi, T. P., Polit, O., Salsabila, F., & Lololau, A. (2023). *Ramie Fiber-Reinforced Polylactic-Acid Prepreg : Fabrication Characterization of Unidirectional and Bidirectional Laminates.* 14(November 2022), 888–897.
<https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i4.5940>

Utomo, S. W. E. (2020). *Pengaruh Fraksi Volume dan Arah Orientasi Serat Rami Komposit Hibrid Sandwich Fibre Metal Laminate (FML) Berpenguat Serat Carbon Terhadap Kekuatan Impak Mochammad Arif Irfai.* d(2), 73–80.

Zahrani, A., Sayuti, M., Putra, R., & Islami, N. (2024). *Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Peningkatan Kekuatan Impak dan Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas (Ananas Cosmosus).* 8(1), 162–168.