

(Artikel Penelitian)

# Pengaruh Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tarik, Impact dan Rambat Bakar Komposit Serat Pisang Abaka

Risqi Romadhon<sup>1\*</sup>, Deni Andriyansyah<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi S1 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta; [risqiromadhon64@gmail.com](mailto:risqiromadhon64@gmail.com)

<sup>2</sup> Program Studi D3 Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta; [deni.andriyansyah@sttw.ac.id](mailto:deni.andriyansyah@sttw.ac.id)

\* Risqi Romadhon

**Abstract:** This study examines the effect of variations in the volume fraction of abaca banana fiber (*Musa textilis*) on the mechanical properties and fire resistance of composites with a polyester resin matrix. The fibers were treated with an alkali solution of 5% KOH before being mixed into the resin with volume fractions of 10%:90%, 15%:85%, and 20%:80%. The tests included tensile testing (ASTM D-638), impact testing (ASTM A-370), flame spread testing (ASTM D-635), and macro photography. The tensile test results showed an increase in tension from 13.75 MPa at 10% fiber to 19.1 MPa at 20% fiber, accompanied by a decrease in strain and an increase in elastic modulus to 1.71 GPa. The impact test showed the highest impact energy absorption at 20% fiber content of 10.54 Joules with an impact value of 97.488 J/m<sup>2</sup>. The macro photo results showed that more fibers increased the fiber-matrix interface bond, although voids were still found. In the flame spread test, the ignition time increased to 7.64 seconds and the flame spread rate decreased to 10.593 mm/minute at a fiber variation of 20%, due to the formation of an insulating char layer. Overall, the 20% abaca fiber volume fraction proved to provide the best mechanical properties and fire resistance, making it the recommended optimal composition for the development of environmentally friendly natural fiber composites.

**Keywords:** abaca fiber; composite; volume fraction; tensile strength; impact; burning rate

**Abstrak:** Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi fraksi volume serat pisang abaka (*Musa textilis*) terhadap sifat mekanik dan ketahanan api komposit dengan matriks resin polyester. Serat diberi perlakuan alkali menggunakan larutan KOH 5% sebelum dicampurkan ke dalam resin dengan variasi fraksi volume 10%:90%, 15%:85%, dan 20%:80%. Pengujian meliputi uji tarik (ASTM D-638), uji impact (ASTM A-370), uji rambat bakar (ASTM D-635), serta observasi foto makro. Hasil uji tarik menunjukkan peningkatan tegangan dari 13,75 MPa pada 10% serat menjadi 19,1 MPa pada 20% serat, disertai penurunan regangan dan peningkatan modulus elastisitas hingga 1,71 GPa. Uji impact memperlihatkan energi serap benturan tertinggi pada 20% serat sebesar 10,54 Joule dengan harga impact 97,488 J/m<sup>2</sup>. Hasil foto makro menunjukkan semakin banyak serat meningkatkan ikatan antarmuka serat–matriks, meskipun masih ditemukan cacat berupa *void*. Pada uji rambat bakar, waktu nyala meningkat hingga 7,64 detik dan laju rambat api menurun menjadi 10,593 mm/menit pada variasi 20% serat, akibat terbentuknya lapisan *char* yang bersifat insulator. Secara keseluruhan, fraksi volume 20% serat abaka terbukti memberikan sifat mekanik dan ketahanan api terbaik, sehingga dapat direkomendasikan sebagai komposisi optimal dalam pengembangan komposit serat alam ramah lingkungan.

**Kata kunci:** serat abaka; komposit; fraksi volume; kekuatan tarik; impact; rambat bakar

Diterima: Oktober 20, 2025

Direvisi: Oktober 28, 2025

Diterima: Oktober 29, 2025

Diterbitkan: November 2, 2025

Versi sekarang: November 2, 2025



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.

Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka

berdasarkan syarat dan ketentuan

lisensi Creative Commons

Attribution (CC BY SA) (

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> )

## 1. Pendahuluan

Penggunaan komposit menjadi salah satu inovasi penting dalam pengembangan material. Komposit terbentuk dari kombinasi dua atau lebih komponen berbeda untuk menghasilkan sifat unggul (Saro, 2025). Perhatian peneliti terhadap pengembangan komposit berbahan dasar serat alam semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kesadaran global akan isu lingkungan, keberlanjutan, dan pengurangan ketergantungan terhadap sumber daya berbasis minyak bumi (Mohanraj et al., 2025). Komposit memiliki berbagai keunggulan seperti ringan, ekonomis, kemampuan biodegradabilitas, dan melimpah. Salah satu serat alam yang menarik perhatian dalam pengembangan material komposit adalah serat abaka (*Musa textilis*) (Oulanti et al., 2025; Ullah et al., 2025). Serat ini, yang diperoleh dari pelepah tanaman abaka, dikenal memiliki sifat mekanik yang baik, antara lain kekuatan tarik tinggi, kelenturan yang baik, serta ketahanan terhadap degradasi biologis dan serangan mikroorganisme (Abdollahiparsa et al., 2023). Selain itu, karena sifatnya yang terbarukan dan ramah lingkungan, penggunaan serat abaka sangat sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan (Dini & Aldila Yuanditasari, 2024).

Serat abaka memiliki potensi besar dalam komposit polimer, namun menghadapi tantangan teknis, terutama karena sifat hidrofiliknya yang tidak cocok dengan matriks polimer sintesis yang hidrofobik (Chour & Khatib, 2024). Hal ini menyebabkan interaksi antarmuka yang lemah dan menurunkan sifat mekanik komposit (Wong et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan modifikasi permukaan serat untuk meningkatkan kompatibilitasnya. Perlakuan alkali merupakan metode modifikasi serat yang umum digunakan, salah satunya dengan larutan kalium hidroksida (KOH) sebagai alternatif natrium hidroksida (NaOH). Alkalisasi dengan KOH dapat menghilangkan hemiselulosa, lignin, pektin, dan zat non-selulosa lain, sehingga meningkatkan kekasaran permukaan, ikatan antarmuka serat-matriks, kristalinitas, serta stabilitas termal serat yang berdampak pada perbaikan sifat mekanik komposit (Asyraf et al., 2024; Khan et al., 2022). Selain itu, KOH dinilai lebih ramah lingkungan dibandingkan NaOH karena menghasilkan limbah yang lebih mudah terdegradasi (Maiti et al., 2022; Ramachandran et al., 2022).

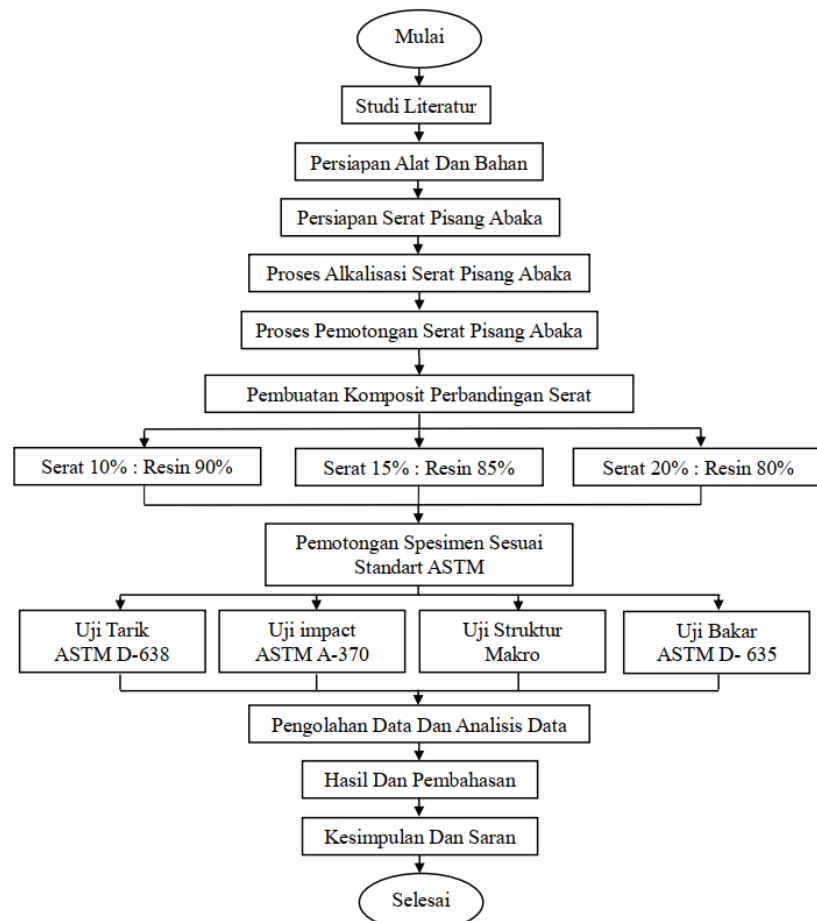
Selain perlakuan permukaan, kualitas komposit serat alam juga sangat dipengaruhi oleh fraksi volume serat, yaitu perbandingan volume serat terhadap total komposit (Muzayadah et al., 2024; Saiful et al., 2024). Peningkatan fraksi volume umumnya meningkatkan kekuatan tarik dan kekakuan karena serat mampu menanggung beban lebih besar dibanding matriks (Fakhruddin et al., 2024). Namun, fraksi serat yang terlalu tinggi dapat menimbulkan aglomerasi, distribusi tidak merata, dan void, sehingga menurunkan sifat mekanik. Oleh karena itu, diperlukan fraksi volume optimum untuk mencapai keseimbangan kekuatan, kekakuan, dan ketangguhan, sekaligus mendukung efisiensi bahan baku serta prinsip keberlanjutan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh variasi fraksi volume terhadap sifat mekanik, khususnya kekuatan tarik dan dampak, pada komposit serat abaka yang telah diberi perlakuan alkali menggunakan KOH. Melalui pendekatan ini diharapkan diperoleh pemahaman mengenai hubungan fraksi volume serat dengan performa komposit serta rekomendasi parameter produksi yang optimal. Hasil penelitian diharapkan mendukung pengembangan material lokal yang kuat, ringan, ramah lingkungan, dan dapat mengurangi ketergantungan pada material sintesis berbasis minyak bumi.

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan serat pisang abaka (*Musa textilis*) sebagai bahan penguat komposit, resin polyester sebagai matriks, serta larutan KOH sebagai bahan alkalisasi. Serat abaka dipilih karena memiliki potensi sebagai penguat alami, sementara KOH digunakan untuk menghilangkan lignin, hemiselulosa, dan kotoran pada permukaan serat sehingga meningkatkan kekuatan ikatannya dengan matriks. Resin polyester berperan sebagai pengikat utama yang menyatukan serat dalam bentuk komposit.

Alat yang digunakan meliputi timbangan digital untuk pengukuran massa bahan, oven listrik untuk proses pengeringan, cetakan untuk membentuk spesimen, gunting untuk memotong serat, serta stopwatch untuk pengukuran waktu dalam pengujian. Uji mekanik dilakukan menggunakan mesin uji tarik (tensile test) dan alat uji impact charpy untuk memperoleh data sifat mekanik komposit. Proses penelitian dilaksanakan di beberapa lokasi, antara lain rumah mahasiswa di Sragen untuk pembuatan spesimen, laboratorium Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta untuk uji tarik dan uji impak. Waktu penelitian berlangsung antara

Desember hingga Agustus, menyesuaikan tahap persiapan, pembuatan spesimen, hingga pengujian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi fraksi volume serat abaka terhadap resin polyester, yaitu 10%:90%, 15%:85%, dan 20%:80%. Variabel terikat meliputi kekuatan tarik, regangan tarik, modulus elastisitas, kekuatan impact, serta hasil pengamatan struktur patahan spesimen. Tahapan penelitian dimulai dengan studi literatur, dilanjutkan dengan persiapan bahan dan alat. Serat abaka diberi perlakuan alkali menggunakan larutan KOH 5%, kemudian dikeringkan dengan oven dan dipotong sesuai ukuran cetakan. Selanjutnya, serat dicampurkan dengan resin polyester sesuai fraksi volume yang ditentukan, lalu dicetak hingga membentuk spesimen uji. Spesimen yang telah mengeras dipotong berdasarkan standar ASTM D-638 untuk uji tarik, ASTM A-370 untuk uji impact, serta ASTM D-635 untuk uji laju rambat bakar.

Analisis data dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui pengolahan hasil uji tarik dan uji impact. Data numerik dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif, seperti perhitungan rata-rata dan simpangan baku, untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume serat terhadap sifat mekanik komposit. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran objektif mengenai hubungan antara fraksi volume serat abaka dan performa mekanik komposit berbasis resin polyester.

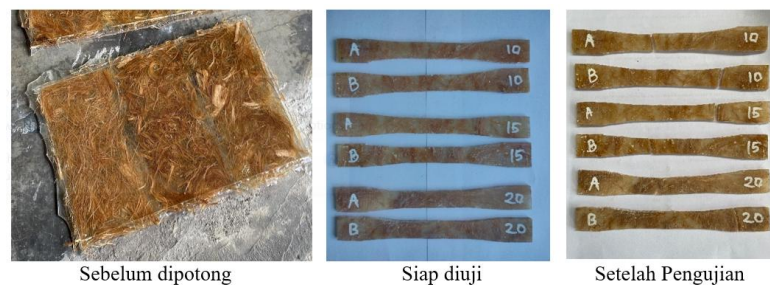
### 3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan penelitian komposit berbasis serat pisang abaka, pengujian dilakukan mencakup uji tarik, uji impact, uji bakar, serta foto makro.

#### 3.1 Pengujian Tarik (*Tensile*) Komposit

Proses pembuatan spesimen komposit serta pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D-638. Proses pengujian dilakukan menggunakan hydraulic testing machine WEW-330D dengan variasi fraksi volume serat alam terhadap matriks resin,

yaitu 10%, 15%, dan 20%. Pada Gambar 2 ditunjukkan spesimen komposit yang belum dilakukan pemotongan, telah dipotong dan disesuaikan dengan ukuran standar ASTM D-638, dan setelah dilakukan pengujian tarik.



Gambar 2 spesimen komposit sebelum dipotong, siap diuji, dan setelah pengujian

Data hasil pengujian tarik disajikan pada Tabel 1 menunjukkan hasil data tegangan dari hasil pengujian tarik, dan pada Tabel 2 merupakan hasil untuk regangan dan modulus elastisitas.

**Tabel 1** Data Tegangan Hasil Pengujian Tarik (Tensile)

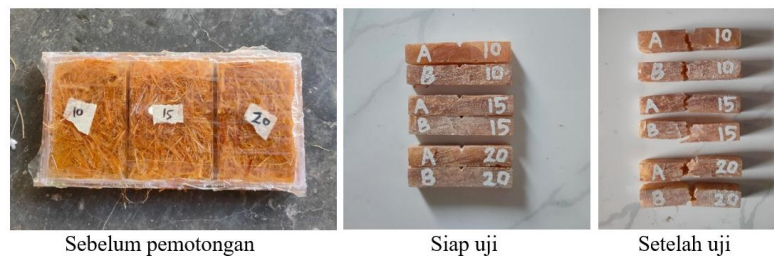
| Variasi (%) | Jenis | Tebal (mm) | Lebar (mm) | TxL (mm) | Rata-rata (mm) | (kN)  | (N) | F/A   | Rata-rata (Mpa) |
|-------------|-------|------------|------------|----------|----------------|-------|-----|-------|-----------------|
| 10:90       | A     | 3.2        | 13.3       | 42.56    | 42.56          | 0.574 | 574 | 13.49 | 13.75           |
|             | B     | 3.2        | 13.3       | 42.56    |                | 0.596 | 596 | 14.00 |                 |
| 15:85       | A     | 3.33       | 13.2       | 43.956   | 44.42          | 0.712 | 712 | 16.20 | 15.70           |
|             | B     | 3.4        | 13.2       | 44.88    |                | 0.682 | 682 | 15.20 |                 |
| 20:80       | A     | 3.3        | 13.3       | 43.89    | 43.73          | 0.801 | 801 | 18.25 | 19.10           |
|             | B     | 3.3        | 13.2       | 43.56    |                | 0.869 | 869 | 19.95 |                 |

**Tabel 2** Data Hasil Regangan dan Modulus Elastisitas

| Variasi (%) | Jenis | Strain (%) | Rata-rata strain (%) | Modulus elastisitas (Mpa) | Modulus elastisitas (Gpa) | Rata-rata (M0) |
|-------------|-------|------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| 10:90       | A     | 0.0200     | 0.0195               | 674.34                    | 0.67                      | 0.70           |
|             | B     | 0.0191     |                      | 733.53                    | 0.73                      |                |
| 15:85       | A     | 0.0144     | 0.0143               | 1122.97                   | 1.12                      | 1.09           |
|             | B     | 0.0142     |                      | 1066.96                   | 1.07                      |                |
| 20:80       | A     | 0.0118     | 0.0112               | 1544.25                   | 1.54                      | 1.71           |
|             | B     | 0.0106     |                      | 1880.95                   | 1.88                      |                |

### 3.2 Pengujian Impact

Pengujian *impact* dilakukan untuk mengetahui kemampuan spesimen dalam menyerap pembebanan secara spontan. Hasil pengujian disajikan pada Gambar 3 yang merupakan spesimen sebelum pemotongan, spesimen siap uji dengan standar ASTM A 370, dan spesimen setelah uji.

**Gambar 3.** spesimen sebelum pemotongan, siap uji, dan setelah uji

Hasil pengujian juga memperlihatkan perbandingan data yang menunjukkan perbandingan sifat mekanik serat pisang abaka. Dari hasil pengujian kali ini disajikan dengan Tabel 3 hingga Tabel 5.

**Tabel 3.** Variasi 10% Serat: 90% Matriks

| Spesimen<br>(10%:90%) | Berat<br>Pendulum<br>(kg) | Panjang<br>Lengan<br>(m) | Sudut<br>Awal<br>(°) | Sudut<br>Akhir<br>(°) | Energi<br>total<br>(J) | Tebal<br>(m) | Lebar<br>(m) | Harga<br>Impak<br>(J/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|
| A                     | 10,3                      | 0,6                      | 90                   | 84                    | 6,35                   | 0,01         | 0,011        | 59,27                                 |
| B                     | 10,3                      | 0,6                      | 90                   | 83                    | 7,46                   | 0,011        | 0,01         | 70,327                                |
| Rata-rata             |                           |                          |                      |                       | 6,95                   |              |              | 64,798                                |

**Tabel 4.** Variasi 15% Serat: 85% Matriks

| Spesimen<br>(15%:85%) | Berat<br>Pendulum<br>(kg) | Panjang<br>Lengan<br>(m) | Sudut<br>Awal<br>(°) | Sudut<br>Akhir<br>(°) | Energi<br>total<br>(J) | Tebal<br>(m) | Lebar<br>(m) | Harga<br>Impak<br>(J/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|
| A                     | 10,3                      | 0,6                      | 90                   | 82                    | 8,44                   | 0,01         | 0,01         | 79,524                                |
| B                     | 10,3                      | 0,6                      | 90                   | 82                    | 8,45                   | 0,01         | 0,01         | 78,875                                |
| Rata-rata             |                           |                          |                      |                       | 8,445                  |              |              | 79,199                                |

**Tabel 5.** Variasi 20% Serat: 80% Matriks

| Spesimen<br>(20%:80%) | Berat<br>Pendulum<br>(kg) | Panjang<br>Lengan<br>(m) | Sudut<br>Awal<br>(°) | Sudut<br>Akhir<br>(°) | Energi<br>total<br>(J) | Tebal<br>(m) | Lebar<br>(m) | Harga<br>Impak<br>(J/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|
| A                     | 10,3                      | 0,6                      | 90                   | 80                    | 10,52                  | 0,011        | 0,011        | 95,43                                 |
| B                     | 10,3                      | 0,6                      | 90                   | 80                    | 10,56                  | 0,01         | 0,01         | 99,547                                |
| Rata-rata             |                           |                          |                      |                       | 10,54                  |              |              | 97,488                                |

### 3.3 Pengujian Foto Makro

Pengujian foto makro dilakukan untuk mengamati perubahan morfologi pada permukaan spesimen setelah dilakukan uji tarik dan uji impact. Hasil pengujian terlihat pada Gambar 4 yang merupakan patahan dari uji tarik dan Gambar 5 berupa hasil dari patahan uji tarik.



Variasi Serat 10%

Variasi Serat 15%

Variasi Serat 20%

**Gambar 4.** Foto Makro Patahan Hasil Uji *Impact*

Variasi Serat 10%

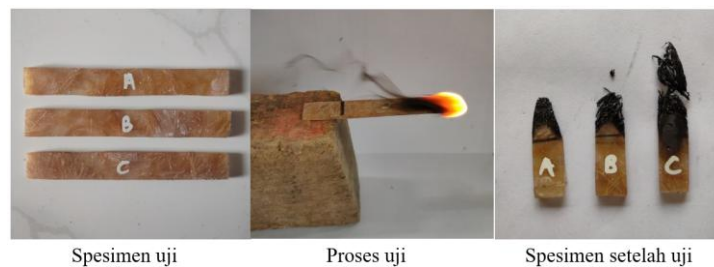
Variasi Serat 15%

Variasi Serat 20%

**Gambar 5.** Foto Makro Patahan Hasil Uji Tarik

### 3.4 Pengujian Rambat Bakar

Pengujian rambat bakar dilakukan untuk mengetahui kecepatan penyebaran api pada material setelah terkena sumber panas. Hasil uji menunjukkan pola rambat api yang tidak merata pada proses pembakaran. Gambar 6 merupakan spesimen uji laju rambat bakar, proses pengujian laju rambat bakar, dan spesimen yang telah dilakukan pengujian laju rambat bakar.



Spesimen uji

Proses uji

Spesimen setelah uji

**Gambar 6.** spesimen uji, proses pengujian, dan spesimen setelah uji.**Tabel 6.** Waktu Nyala Pembakaran

| Variasi (%) | Waktu nyala (s) |
|-------------|-----------------|
| 10%:90%     | 5.03            |
| 15%:85%     | 6.32            |
| 20%:80%     | 7.64            |

**Tabel 7.** Hasil Laju Cepat Rambat

| Variasi (%) | L (mm) | T (min) | Cepat rambat (mm/min) |
|-------------|--------|---------|-----------------------|
| 10%:90%     | 75     | 5.51    | 13.611                |
| 15%:85%     | 75     | 6.26    | 11.980                |
| 20%:80%     | 75     | 7.08    | 10.593                |

## 4. Pembahasan

### 4.1. Pengujian Tarik

Hasil uji tarik menunjukkan tren peningkatan kekuatan mekanik seiring bertambahnya fraksi volume serat abaka. Pada komposisi 10% serat–90% matriks, nilai tegangan tarik yang diperoleh adalah 13,75 MPa, meningkat menjadi 15,7 MPa pada komposisi 15% serat–85% matriks, dan mencapai nilai tertinggi 19,1 MPa pada 20% serat–80% matriks. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat abaka meningkatkan kemampuan komposit dalam menahan beban tarik, karena serat berfungsi sebagai penguat yang mentransfer beban dari matriks ke serat.

Sementara itu, regangan tarik menunjukkan penurunan seiring peningkatan fraksi serat, yakni dari 0,0195 mm pada 10% serat menjadi 0,0112 mm pada 20% serat. Penurunan ini

mengindikasikan meningkatnya kekakuan material akibat bertambahnya kandungan serat yang relatif lebih kaku dibanding resin. Hasil ini diperkuat oleh nilai modulus elastisitas yang meningkat dari 0,70 GPa (10% serat) menjadi 1,71 GPa (20% serat). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa fraksi volume serat yang lebih tinggi memberikan efek positif terhadap kekuatan tarik dan kekakuan komposit, meskipun menurunkan nilai regangan (Bahrami et al., 2024; Tefera et al., 2024).

#### 4.2. Pengujian Impact

Pengujian impact memperlihatkan bahwa peningkatan fraksi serat abaka juga memperbaiki ketangguhan komposit. Energi serap benturan meningkat dari 6,905 Joule pada 10% serat, menjadi 8,445 Joule pada 15% serat, dan mencapai 10,54 Joule pada 20% serat. Demikian pula, harga impact per satuan luas naik dari 64,798 J/m<sup>2</sup> (10% serat) menjadi 97,488 J/m<sup>2</sup> (20% serat). Peningkatan ini menunjukkan bahwa serat abaka mampu mendistribusikan energi benturan melalui mekanisme fiber pull-out dan crack bridging, sehingga mencegah perambatan retak yang cepat (Bazarkhankyzy et al., 2025; Shaik et al., 2025). Dengan demikian, penambahan serat meningkatkan kemampuan komposit dalam menyerap energi tumbukan dan menunda kegagalan struktur.

#### 4.3. Foto Makro Uji Tarik

Hasil pengamatan foto makro pada spesimen uji tarik memperlihatkan perbedaan pola patahan antar variasi serat. Pada fraksi 10% serat, patahan didominasi matriks dengan permukaan relatif halus, menandakan sifat getas dan rendahnya kontribusi serat dalam menahan beban. Pada variasi 15% serat, pola patahan mulai menunjukkan peran serat yang lebih nyata, dengan adanya mekanisme fiber pull-out yang menyerap sebagian energi. Sedangkan pada 20% serat, permukaan patahan terlihat lebih kasar dan tidak beraturan, dengan banyak serat yang tertanam kuat atau tertarik keluar dari matriks. Kondisi ini menunjukkan ikatan antar muka serat-matriks yang lebih baik, sehingga serat mampu berkontribusi maksimal dalam menahan beban tarik.

#### 4.4. Foto Makro Uji Impact

Pada pengujian impact, hasil foto makro juga menunjukkan perbedaan signifikan antar variasi serat. Spesimen dengan 10% serat memiliki patahan halus yang didominasi resin, menunjukkan energi benturan diserap terutama oleh matriks yang rapuh. Pada 15% serat, pola patahan lebih kompleks dengan retakan tidak beraturan dan mekanisme fiber pull-out, yang meningkatkan kemampuan serat menahan energi benturan. Spesimen dengan 20% serat memperlihatkan pola patahan paling kasar dan kompleks, dengan dominasi mekanisme fiber pull-out dan fiber breakage, sehingga komposit mampu menyerap energi benturan lebih besar. Hasil ini konsisten dengan peningkatan nilai impact yang diperoleh pada variasi serat yang lebih tinggi.

#### 4.5. Pengujian Rambat Bakar

Uji rambat bakar menunjukkan bahwa peningkatan fraksi serat abaka berpengaruh positif terhadap ketahanan api komposit. Waktu nyala meningkat dari 5,03 detik pada 10% serat menjadi 7,64 detik pada 20% serat, menandakan komposit lebih lambat menyala ketika terpapar panas. Sebaliknya, laju rambat api menurun dari 13,611 mm/menit (10% serat) menjadi 10,593 mm/menit (20% serat). Fenomena ini disebabkan sifat serat lignoselulosa yang menghasilkan lapisan arang (char layer) saat terbakar, sehingga menghambat perpindahan panas dan memperlambat proses pirolisis (Sahayaraj et al., 2024; Andrew et al., 2024). Dengan demikian, penambahan serat tidak hanya meningkatkan sifat mekanik, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap sifat tahan api komposit.

### 6. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dengan variasi fraksi volume serat abaka 10%, 15%, dan 20% melalui uji tarik, uji impact, uji foto makro, dan uji rambat bakar, diperoleh kesimpulan bahwa peningkatan fraksi volume serat berpengaruh positif terhadap sifat mekanik dan ketahanan api komposit. Pada uji tarik, kekuatan tertinggi dicapai pada komposisi 20% serat dengan tegangan 19,1 MPa, menunjukkan peran serat sebagai *reinforcement* yang efektif. Uji impact juga menegaskan bahwa energi serap benturan tertinggi dicapai pada 20% serat, yakni

10,54 Joule, melalui mekanisme *fiber pull-out* dan *fiber breakage*. Hasil foto makro menunjukkan semakin banyak serat meningkatkan kualitas ikatan antar muka serat-matriks, meskipun masih ditemukan cacat berupa void, dan pada 20% serat pola patahan lebih kasar serta kompleks yang berkorelasi dengan peningkatan kekuatan dan ketangguhan. Sementara itu, uji rambat bakar membuktikan bahwa komposisi 20% serat memiliki performa terbaik dengan waktu nyala terlama (7,64 detik) dan laju rambat bakar terendah (10,593 mm/menit), akibat terbentuknya lapisan *char* yang berfungsi sebagai insulator. Dengan demikian, fraksi volume 20% serat abaka dapat dianggap sebagai komposisi optimal pada penelitian ini.

**Kontribusi Penulis:** Semua penulis berperan aktif dalam proses penyusunan dari tahapan konseptualisasi hingga proses publikasi.

**Pendanaan:** Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal

**Konflik Kepentingan:** Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan

## Referensi

- [1] D. Saro, "Evolusi Material Komposit dalam Desain dan Penerapan Komponen Mesin: Tinjauan Pustaka," *Journal Of Engineering And Technology Innovation (JETI)*, vol. 4, no. 1, pp. 7–12, Feb. 2025.
- [2] C. M. Mohanraj *et al.*, "Recent Progress in Fiber Reinforced Polymer Hybrid Composites and Its Challenges-A Comprehensive Review," 2025, *Taylor and Francis Ltd.* doi: 10.1080/15440478.2025.2495911.
- [3] S. Ullah, Z. Akhter, A. Palevicius, and G. Janusas, "Review: Natural fiber-based biocomposites for potential advanced automotive applications," Jan. 01, 2025, *SAGE Publications Ltd.* doi: 10.1177/15589250241311468.
- [4] L. Oulanti, A. Bendarma, and L. Rabhi, "Carbon fiber reinforced cellulose composites: a review," *Discover Civil Engineering*, vol. 2, no. 1, Jun. 2025, doi: 10.1007/s44290-025-00260-6.
- [5] H. Abdollahiparsa, A. Shahmirzaloo, P. Teuffel, and R. Blok, "A review of recent developments in structural applications of natural fiber-Reinforced composites (NFRCS)," *Composites and Advanced Materials*, vol. 32, Jan. 2023, doi: 10.1177/26349833221147540.
- [6] M. Dini and Aldila Yuanditasari, "Material Lokal dan Ramah Lingkungan: Inovasi dalam Perancangan Interior dengan Inspirasi Budaya Osing," *Aksen : Journal of Design and Creative Industry*, vol. 9, no. 1, Oct. 2024, doi: 10.37715/aksen.v9i1.4461.
- [7] A. Chour and J. Khatib, "AN IN – DEPTH ANALYSIS OF NATURAL FIBERS :A COMPREHENSIVE REVIEW OF PROPERTIES AND PERFORMANCE CHARACTERISTICS," *BAU Journal - Science and Technology*, vol. 5, no. 2, Jun. 2024, doi: 10.54729/2959-331x.1136.
- [8] D. Wong, M. Anwar, S. Debnath, A. Hamid, and S. Izman, "A Review: Recent Development of Natural Fiber-Reinforced Polymer Nanocomposites," Aug. 01, 2021, *Springer*. doi: 10.1007/s11837-021-04749-0.
- [9] M. R. M. Asyraf *et al.*, "Lignocellulosic abaca fibre-reinforced thermoplastic composites as future sustainable structural materials: a bibliometric analysis and literature review," Jun. 01, 2024, *Springer Science and Business Media B.V.* doi: 10.1007/s10570-024-05921-w.
- [10] F. M. Khan *et al.*, "A Comprehensive Review on Epoxy Biocomposites Based on Natural Fibers and Bio-fillers: Challenges, Recent Developments and Applications," Aug. 01, 2022, *Springer*. doi: 10.1007/s42765-022-00143-w.
- [11] A. R. Ramachandran, S. Mavinkere Rangappa, V. Kushvaha, A. Khan, S. Seingchin, and H. N. Dhakal, "Modification of Fibers and Matrices in Natural Fiber Reinforced Polymer Composites: A Comprehensive Review," Sep. 01, 2022, *John Wiley and Sons Inc.* doi: 10.1002/marc.202100862.
- [12] S. Maiti, M. R. Islam, M. A. Uddin, S. Afroj, S. J. Eichhorn, and N. Karim, "Sustainable Fiber-Reinforced Composites: A Review," Nov. 01, 2022, *John Wiley and Sons Inc.* doi: 10.1002/adsu.202200258.
- [13] M. Saiful, R. Desiasni, F. Widyawati, and M. F. Nabila, "PENGARUH VARIASI VOLUME LIMBAH SERBUK KAYU MAHONI TERHADAP KEKUATAN FISIK, MEKANIK DAN MIKROSTRUKTUR KOMPOSIT PARTIKEL," *HEXAGON (Jurnal Teknik dan Sains)*, vol. 5, no. 2, 2024.
- [14] N. L. M. Muzayadah, I. F. Hardiyant, A. N. Nugroho, R. S. A. Aritonang, and T. S. N. Nurtiasto, "EFEK METODE FABRIKASI TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA MATERIAL KOMPOSIT SANDWICH 3C3 KARBON UD 12 K 0°/DIVINYCELL CORE," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 2, pp. 669–683, Aug. 2024, doi: 10.21776/jrm.v15i2.1426.
- [15] Fakhruddin, N. A. Mawaddah, R. Irmawaty, and L. N. Ngeljaratan, "Physical and Mechanical Properties of Abaca Fiber Reinforced Polymer Composites for Sustainable Structural Application," *Engineering, Technology and Applied Science Research*, vol. 14, no. 6, pp. 18955–18960, Dec. 2024, doi: 10.48084/etasr.8613.
- [16] M. Bahrami, J. A. Butenegro, M. Mehdikhani, Y. Swolfs, J. Abenojar, and M. A. Martinez, "Tensile, impact, and the damping performance of woven flax-carbon hybrid polyamide biocomposites," *Polym Compos*, vol. 45, no. 5, pp. 3901–3917, Apr. 2024, doi: 10.1002/pc.28032.
- [17] G. Tefera, S. Adali, and G. Bright, "Flexural failure properties of fiber-reinforced hybrid laminated beam subject to three-point bending," *Sci Rep*, vol. 14, no. 1, Dec. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-60078-7.
- [18] M. S. Shaik, H. Sankara Subramanian, R. K. B. I. Suyambulingam, P. Senthamaraiakannan, and R. Kumar, "A Review on Fiber Properties, Manufacturing, and Crashworthiness of Natural Fiber-Reinforced Composite Structures," 2025, *Taylor and Francis Ltd.* doi: 10.1080/15440478.2025.2520845.

- 
- [19] A. Bazarkhankyzy *et al.*, “Comprehensive evaluation of impact strength and microstructural characteristics of geopolymer concrete reinforced with four types of natural fibers of varying lengths,” *Sci Rep*, vol. 15, no. 1, Dec. 2025, doi: 10.1038/s41598-025-14857-5.
- [20] J. Jefferson Andrew, M. Sain, S. Ramakrishna, M. Jawaid, and H. N. Dhakal, “Environmentally friendly fire retardant natural fibre composites: A review,” *International Materials Reviews*, vol. 69, no. 5–6, pp. 267–308, Sep. 2024, doi: 10.1177/09506608241266302.
- [21] A. Felix Sahayaraj *et al.*, “Fire retardant potential of natural fiber reinforced polymer composites: a review,” 2024, *Taylor and Francis Ltd.* doi: 10.1080/25740881.2024.2303608.