

# ANALISA PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SILIKON DIOKSIDA (SiO<sub>2</sub>) TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT RESIN POLYESTER BERPENGUAT SERAT KULIT BUAH JAGUNG

Risky Saputra<sup>1</sup>, Turmizi<sup>2\*</sup>, Nawawi Juhan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur  
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Medan – Banda Aceh Km. 280 Buketrata

\*Penulis Korespondensi: [turmizi@pnl.ac.id](mailto:turmizi@pnl.ac.id)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah serat kulit buah jagung dan silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) sebagai bahan penguat pada komposit resin polyester, dengan harapan menghasilkan material ramah lingkungan yang memiliki sifat mekanik unggul. Latar belakang penelitian didasari oleh kebutuhan pengembangan material komposit berbasis polimer yang ringan, kuat, dan berkelanjutan. Tujuan khusus penelitian adalah mengetahui pengaruh variasi serat kulit buah jagung (10%, 15%, 20%) dan SiO<sub>2</sub> (20%, 15%, 10%) terhadap kekuatan bending dan ketangguhan impak komposit. Metode penelitian menggunakan teknik fabrikasi hand lay-up dengan matriks resin polyester sebesar 70%. Spesimen dibuat sesuai standar ASTM D790 untuk uji bending dan ASTM E23 type A untuk uji impak. Pengujian dilakukan di laboratorium uji material Politeknik Negeri Lhokseumawe. Hasil pengujian bending menunjukkan nilai kekuatan tertinggi pada komposisi 15% serat : 15% SiO<sub>2</sub> : 70% resin, yaitu  $F_u = 19,59$  kgf dengan regangan  $4,36$  Kgf/mm<sup>2</sup>. Nilai terendah terdapat pada komposisi 20% serat : 10% SiO<sub>2</sub> : 70% resin dengan  $F_u = 14,74$  kgf dan regangan  $3,46$  Kgf/mm<sup>2</sup>. Pada uji impak, energi serap tertinggi dicapai pada komposisi 10% serat : 20% SiO<sub>2</sub> : 70% resin dengan nilai  $E = 2,3$  Joule dan harga impak (HI) =  $0,023$  J/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai terendah terdapat pada komposisi 20% serat : 10% SiO<sub>2</sub> : 70% resin dengan energi  $1,2$  Joule dan HI =  $0,012$  J/mm<sup>2</sup>.

Kata Kunci: Komposit, *Hand Lay-Up*, Serat Kulit buah jagung, Material Ramah Lingkungan.

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan komposit berbasis polimer telah meningkat secara signifikan, terutama dalam aplikasi industri yang memerlukan material ringan namun kuat. Menurut data dari Asosiasi Komposit Internasional, pasar komposit global diperkirakan akan mencapai USD 38,2 miliar pada tahun 2025, dengan pertumbuhan tahunan sebesar 6,2% [1]. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan material komposit yang lebih baik dan lebih efisien sangat dibutuhkan, terutama yang memanfaatkan bahan baku alami dan ramah lingkungan[2].

Salah satu tantangan utama dalam pengembangan komposit adalah meningkatkan sifat mekanik tanpa mengorbankan berat dan biaya produksi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan serat alami, seperti serat kulit buah jagung, dapat meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit [3]. Namun, variasi dalam komposisi dan proporsi bahan penguat, seperti SiO<sub>2</sub>, belum banyak dieksplorasi. Penelitian oleh Rumbayan menunjukkan bahwa penambahan serat kelapa dapat meningkatkan kekuatan tarik dan lentur, tetapi tidak ada penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh SiO<sub>2</sub> dalam konteks serat kulit buah jagung [4]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengeksplorasi variasi penambahan SiO<sub>2</sub> dan dampaknya terhadap sifat mekanik komposit.

Dalam konteks ini, penting untuk memahami bahwa SiO<sub>2</sub> tidak hanya berfungsi sebagai penguat, tetapi juga dapat mempengaruhi proses penyembuhan resin epoxy. Penelitian oleh Azman menunjukkan bahwa penambahan filler seperti serbuk CaCO<sub>3</sub> dapat mempengaruhi kekuatan mekanik komposit [5]. Penelitian ini berupaya untuk mengeksplorasi bagaimana SiO<sub>2</sub> dapat berinteraksi dengan resin epoxy dan serat kulit buah jagung, serta dampaknya terhadap sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kekuatan impak, dan modulus elastisitas. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya akan memberikan wawasan baru tentang penggunaan SiO<sub>2</sub> dalam komposit, tetapi juga akan memberikan kontribusi terhadap pengembangan material yang lebih berkelanjutan.

Penelitian oleh Widiyanto menunjukkan bahwa variasi dalam komposisi penguat dapat menghasilkan perbedaan signifikan dalam sifat mekanik komposit [6]. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan pendekatan yang lebih holistik dengan menguji berbagai proporsi SiO<sub>2</sub> dan serat kulit buah jagung, serta menggunakan metode pengujian yang lebih canggih untuk mendapatkan data yang lebih akurat.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi penambahan SiO<sub>2</sub> terhadap sifat mekanik komposit resin epoxy yang diperkuat dengan serat kulit buah jagung. Dengan memahami interaksi antara SiO<sub>2</sub>, resin, dan serat, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan material komposit yang lebih kuat dan efisien.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah peningkatan kualitas komposit yang dapat diterapkan dalam berbagai sektor, termasuk konstruksi, otomotif, dan produk konsumen, serta memberikan solusi yang lebih ramah lingkungan dengan memanfaatkan bahan baku alami.

**2. Metode Penelitian**

**2.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan di lakukan kurang lebih 16 minggu. Tempat Pembuatan spesimen dilakukan pada laboratorium manufaktur, plastik, komposit dan pengecoran jurusan teknik mesin dan pengujian mekanik dilakukan pada laboratorium uji material dan karakteristik teknik mesin politeknik negeri lhokseumawe.

**2.2. Proses Pengambilan Serat Kulit Buah jagung**

Pada proses pembuatan material komposit serat kulit buah jagung, ada beberapa proses dari pemilihan kulit buah jagung dan pembentukan serat kulit buah jagung. Proses pengerjaan dapat dilihat pada gambar 1.



(1). Pemilihan kulit jagung (2). Pemotongan kulit jagung (3). Penyisiran serat kulit jagung

Gambar 1 Proses Pengambilan Serat Kulit Buah jagung.

**2.3. Rancangan Penelitian**

Untuk proses menganalisis data, maka penulis membutuhkan beberapa data dari hasil pengujian bending dan pengujian dampak untuk dilakukan analisis data. Berikut rancangan percobaan penelitian dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Rancangan Penelitian

| Serat kulit | Sio2 | Resin polyester | Pengujian   |            |
|-------------|------|-----------------|-------------|------------|
|             |      |                 | uji bending | Uji dampak |
| 10%         | 20%  | 70%             | 1A          | 2A         |
|             |      |                 | 1B          | 2B         |
|             |      |                 | 1C          | 2C         |
| 15%         | 15%  | 70%             | 2A          | 3A         |
|             |      |                 | 2B          | 3B         |
|             |      |                 | 2C          | 3C         |
| 20%         | 10%  | 70%             | 3A          | 4A         |
|             |      |                 | 3B          | 4B         |
|             |      |                 | 3C          | 4C         |

**2.4. Pengujian Spesimen**

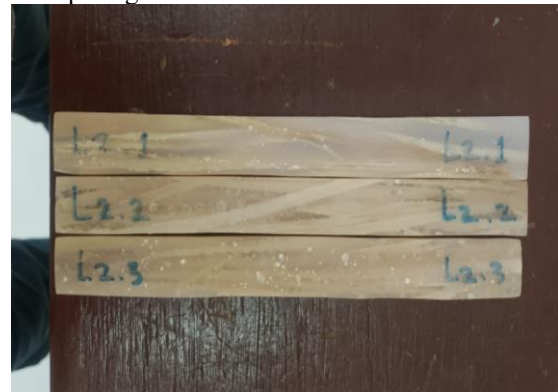
Pada proses pengujian spesimen disini penulis melakukan 2 pengujian mekanik untuk mengetahui

karakteristik material komposit. Pengujiannya yaitu uji bending dan uji dampak. Tujuan pengujian bending untuk mengukur kekuatan lentur dan modulus elastisitas material komposit. Spesimen pengujian bending mengacu pada standar uji ASTM D790[7]. Pengujian dampak dilakukan untuk mengetahui ketangguhan, keuletan material komposit terhadap benturan mendadak. Spesimen pengujian dampak mengacu pada standar uji ASTM E23 type A[8].

**3 Hasil dan Pembahasan**

**3.1 Bending**

Hasil spesimen untuk pengujian bending dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Spesimen Uji bending

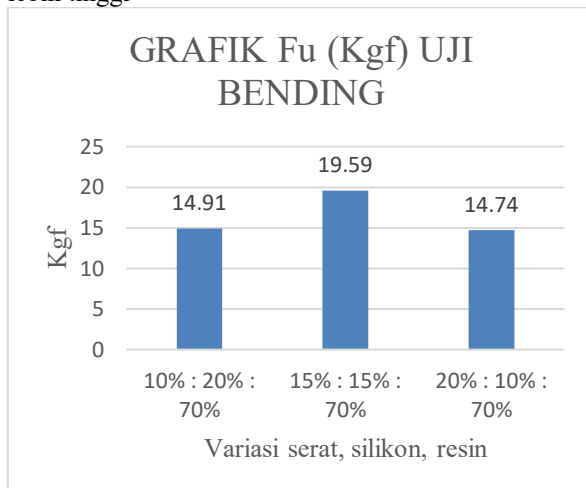
Berdasarkan grafik data hasil uji tarik (Fu) pada material komposit berpenguat serat kulit buah jagung dan silikon dioksida dengan matriks resin polyester ada gambar 3, terlihat adanya variasi nilai kekuatan tarik maksimum (Fu) pada masing-masing komposisi. Nilai tertinggi dicapai pada komposisi 15% serat, 15% silikon dioksida, dan 70% resin dengan nilai sebesar 19,59 kgf. Sedangkan nilai terendah terdapat pada komposisi 20% serat, 10% silikon dioksida, dan 70% resin dengan nilai 14,74 kgf. Hasil ini menunjukkan bahwa keseimbangan antara jumlah serat dan partikel penguat sangat memengaruhi sifat mekanik komposit.

Peningkatan kekuatan bending pada variasi 15% serat dan 15% silikon dioksida dapat dijelaskan melalui mekanisme ikatan interface yang lebih optimal. Pada komposisi tersebut, distribusi serat dan partikel penguat dalam matriks resin lebih homogen, sehingga mampu menahan beban bending dengan baik. Serat kulit buah jagung berfungsi sebagai penahan utama gaya tarik, sementara silikon dioksida memberikan kontribusi pada peningkatan kekakuan serta stabilitas ikatan antar komponen. Kombinasi ini menghasilkan sinergi yang memperkuat sifat mekanik material.

Sebaliknya, pada komposisi 10% serat dan 20% silikon dioksida, meskipun nilai tarik masih cukup tinggi yaitu 14,91 kgf, terdapat kemungkinan aglomerasi partikel silikon dioksida akibat jumlah yang berlebihan. Hal ini dapat menimbulkan ketidakseragaman distribusi partikel sehingga menimbulkan titik lemah pada struktur komposit. Aglomerasi tersebut berpotensi menjadi pusat inisiasi retak ketika material diberi beban, yang pada akhirnya menurunkan ketahanan tarik komposit.

Pada variasi dengan kadar serat yang lebih tinggi, yaitu 20% serat dan 10% silikon dioksida, nilai bending justru menurun menjadi 14,74 kgf. Penurunan ini dapat disebabkan oleh kurang optimalnya infiltrasi resin ke dalam serat pada fraksi serat yang terlalu besar. Jika resin tidak mampu membasahi serat secara merata, maka akan terbentuk void atau rongga udara yang memperlemah ikatan antara serat dan matriks. Akibatnya, serat tidak dapat bekerja maksimal dalam menahan beban bending, bahkan justru menjadi sumber kelemahan struktural.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa keseimbangan proporsi serat, partikel silikon dioksida, dan resin polyester sangat menentukan sifat mekanik komposit. Komposisi yang terlalu dominan salah satu penguat cenderung menyebabkan penurunan performa akibat distribusi yang tidak merata maupun keterbatasan resin dalam mengikat penguat. Oleh karena itu, komposisi 15% serat, 15% silikon dioksida, dan 70% resin adalah variasi terbaik dalam hal kekuatan bending, karena memberikan ikatan antar komponen yang lebih optimal dan menghasilkan ketahanan mekanik yang lebih tinggi



Gambar 3 Data Hasil pengujian bending

#### 2.4. Impak

Spesimen untuk pengujian impak dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Spesimen Uji Impak

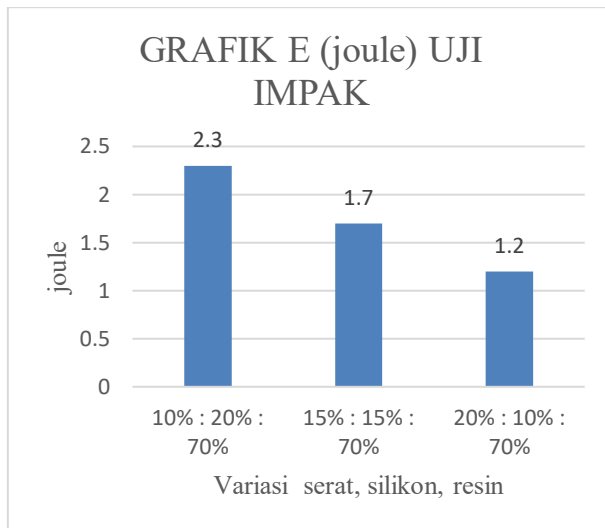
Berdasarkan gambar 5 grafik hasil uji impak pada material komposit berpenguat serat kulit buah jagung dan silikon dioksida dengan matriks resin

polyester, terlihat bahwa nilai energi serap tertinggi diperoleh pada komposisi 10% serat, 20% silikon dioksida, dan 70% resin dengan energi sebesar 2,3 joule. Nilai ini menunjukkan bahwa komposisi tersebut mampu menyerap energi benturan lebih baik dibandingkan variasi lainnya. Sementara itu, nilai terendah dicapai pada komposisi 20% serat, 10% silikon dioksida, dan 70% resin dengan energi hanya 1,2 joule, menandakan kemampuan serap energi yang paling rendah.

Tingginya energi serap pada komposisi 10% serat dan 20% silikon dioksida disebabkan oleh adanya distribusi partikel silikon dioksida yang relatif optimal. Partikel ini berfungsi sebagai penahan retak mikro ketika material terkena beban tumbukan. Selain itu, kandungan resin yang cukup mampu menjaga fleksibilitas komposit, sehingga struktur material tidak mudah mengalami kegagalan rapuh. Kombinasi ini membuat komposit lebih tangguh dan mampu menyerap energi impact lebih besar.

Sebaliknya, pada komposisi 15% serat dan 15% silikon dioksida, nilai energi impact menurun menjadi 1,7 joule. Hal ini dapat terjadi karena peningkatan jumlah serat tanpa diimbangi distribusi resin yang cukup dapat menyebabkan interaksi antarmuka yang kurang maksimal. Akibatnya, ikatan serat–matriks tidak homogen dan lebih mudah mengalami delaminasi saat menerima beban benturan. Meski demikian, nilai impact pada variasi ini masih lebih baik dibandingkan variasi dengan serat yang lebih tinggi.

Penurunan paling signifikan terlihat pada komposisi 20% serat dan 10% silikon dioksida, di mana energi serap impact hanya 1,2 joule. Hal ini disebabkan oleh dominasi serat yang tinggi, sementara resin tidak mampu sepenuhnya melapisi dan mengikat serat dengan baik. Kondisi ini menimbulkan adanya void atau rongga yang menjadi pusat kelemahan. Akibatnya, ketika menerima benturan, material mudah retak dan energi yang diserap menjadi sangat rendah, sehingga sifat ketangguhan komposit menurun drastis. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa kemampuan komposit dalam menyerap energi benturan sangat bergantung pada proporsi serat, partikel penguat, dan resin. Jumlah serat yang terlalu tinggi cenderung membuat material lebih kaku tetapi rapuh, sedangkan jumlah silikon dioksida yang cukup mampu memperkuat ketahanan terhadap retak mikro. Oleh karena itu, komposisi 10% serat, 20% silikon dioksida, dan 70% resin dapat direkomendasikan sebagai variasi terbaik untuk aplikasi yang membutuhkan ketangguhan tinggi terhadap beban impact.



Gambar 5 Grafik E (Joule) Uji Impak

Berdasarkan grafik hasil nilai HI (Joule/mm<sup>2</sup>) uji impak pada gambar 6, terlihat bahwa nilai ketangguhan spesifik tertinggi diperoleh pada komposisi 10% serat, 20% silikon dioksida, dan 70% resin dengan nilai sebesar 0,023 Joule/mm<sup>2</sup>. Nilai ini menunjukkan bahwa komposisi tersebut memiliki kemampuan terbaik dalam menyerap energi tumbukan per satuan luas penampang dibandingkan variasi lainnya. Sebaliknya, nilai terendah dicapai pada komposisi 20% serat, 10% silikon dioksida, dan 70% resin, yaitu 0,012 Joule/mm<sup>2</sup>, yang mengindikasikan lemahnya ikatan antarmuka serta rendahnya kemampuan penyerapan energi.

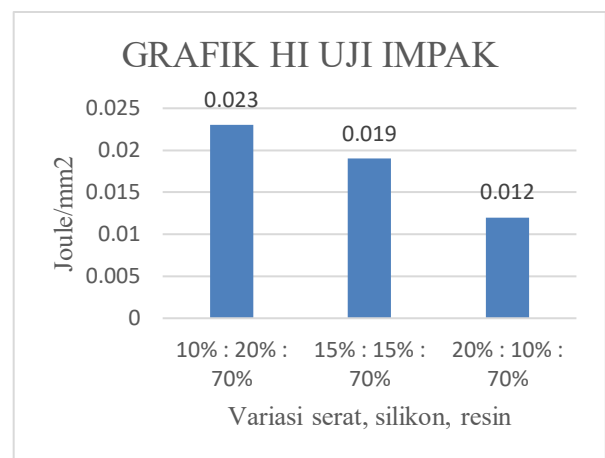
Jika dikaitkan dengan hasil uji energi impak (E), pola yang terbentuk konsisten. Variasi 10% serat dan 20% silikon dioksida memiliki nilai E tertinggi sebesar 2,3 Joule, sekaligus menghasilkan nilai HI tertinggi 0,023 Joule/mm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa tidak hanya total energi benturan yang dapat diserap tinggi, tetapi juga kemampuan spesifik material dalam menahan energi terhadap ukuran penampangnya cukup baik. Sebaliknya, pada variasi 20% serat dan 10% silikon dioksida, nilai energi E yang rendah (1,2 Joule) sejalan dengan nilai HI yang rendah, menandakan kegagalan material baik secara total maupun spesifik dalam menyerap benturan.

Tingginya nilai HI pada variasi 10% serat dan 20% silikon dioksida dapat dijelaskan dengan distribusi partikel penguat yang lebih optimal, sehingga mampu menghambat perambatan retak mikro. Resin yang cukup juga berperan dalam membasahi serat dengan baik, sehingga adhesi antarmuka lebih kuat. Kombinasi ini memungkinkan material untuk mengalami deformasi plastis lebih dahulu sebelum terjadi patah, yang pada akhirnya meningkatkan ketangguhan spesifik. Dengan kata lain, variasi ini tidak hanya kuat tetapi juga tangguh dalam menyerap energi per satuan luas.

Pada variasi 15% serat dan 15% silikon dioksida, nilai HI menurun menjadi 0,019 Joule/mm<sup>2</sup>. Hal ini dapat dihubungkan dengan nilai energi E sebesar 1,7 Joule. Meskipun distribusi serat dan partikel masih relatif baik, adanya peningkatan jumlah serat yang tidak diimbangi dengan resin yang cukup

menyebabkan terjadinya void atau ketidakseragaman ikatan antarmuka. Akibatnya, material lebih mudah mengalami retak antar lapisan (delaminasi) ketika terkena benturan, sehingga nilai ketangguhan spesifik tidak setinggi variasi dengan 20% silikon dioksida.

Secara keseluruhan, hasil HI menunjukkan bahwa ketangguhan spesifik komposit dipengaruhi oleh keseimbangan antara jumlah serat, partikel silikon dioksida, dan resin. Jumlah serat yang terlalu tinggi menyebabkan lemahnya ikatan resin-serat, sementara jumlah silikon dioksida yang cukup mampu meningkatkan penyebaran energi benturan. Dengan demikian, komposisi 10% serat, 20% silikon dioksida, dan 70% resin direkomendasikan sebagai komposisi terbaik karena menghasilkan ketangguhan total (E) dan ketangguhan spesifik (HI) tertinggi, sehingga lebih andal untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan benturan.



Gambar 6 Grafik HI Uji Impak

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Penelitian ini berhasil menghasilkan material komposit berbasis serat kulit buah jagung dengan matriks resin polyester yang dipadukan dengan penambahan silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) sebagai filler melalui metode hand lay-up. Pemanfaatan serat alami yang dikombinasikan dengan partikel penguat anorganik ini bertujuan untuk memperoleh material alternatif dengan sifat mekanik yang lebih baik, sehingga dapat diaplikasikan pada berbagai bidang teknik. Kehadiran SiO<sub>2</sub> terbukti memberikan kontribusi nyata dalam memperbaiki karakteristik mekanik komposit.

Hasil pengujian bending menunjukkan bahwa variasi komposisi sangat memengaruhi kekuatan yang dihasilkan. Komposisi terbaik terdapat pada 15% serat : 15% SiO<sub>2</sub> : 70% resin dengan nilai  $F_u = 19,59$  kgf dan regangan 4,36 Kgf/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai terendah terdapat pada 20% serat : 10% SiO<sub>2</sub> : 70% resin dengan  $F_u = 14,74$  kgf dan regangan 3,46 Kgf/mm<sup>2</sup>. Data ini memperlihatkan bahwa keseimbangan antara serat dan filler sangat berperan dalam menentukan kekuatan bending, di mana distribusi beban dapat tersalurkan lebih efektif pada komposisi tertentu.

Sementara itu, pengujian impak memperlihatkan bahwa kemampuan menyerap energi tertinggi dicapai

pada komposisi 10% serat : 20% SiO<sub>2</sub> : 70% resin dengan energi serap 2,3 Joule dan harga impact (HI) 0,023 J/mm<sup>2</sup>. Sebaliknya, nilai terendah terdapat pada komposisi 20% serat : 10% SiO<sub>2</sub> : 70% resin dengan energi serap 1,2 Joule dan HI 0,012 J/mm<sup>2</sup>. Temuan ini menegaskan bahwa komposisi optimal berbeda untuk setiap sifat mekanik: 15% serat : 15% SiO<sub>2</sub> : 70% resin memberikan performa bending terbaik, sedangkan 10% serat : 20% SiO<sub>2</sub> : 70% resin unggul dalam ketangguhan impact.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] R. Rumbayan, I. Musanif, B. A. Tombeg, and M. Y. N. Budhyowati, "Pengaruh Fraksi Volume dan Panjang Serat pada Sifat Mekanik Plafon Sandwich Panel Serat Kelapa," *J. Tek. Sipil Terap.*, vol. 4, no. 3, p. 131, 2023, doi: 10.47600/jtst.v4i3.577.
- [2] D. E. N. Siagian, M. Hakiem, and S. Putra, "Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan Natural Fiber As an Environmentally Friendly Composite Material," *CIVeng*, vol. 5, no. 1, pp. 55–60, 2024, [Online]. Available: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/civen>
- [3] I. W. L. Suprpto, K. Suarsana, and I. Santhiarsa, "Efek Komposisi Dan Perlakuan Sintering Pada Komposit Al/(SiC+ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Terhadap Sifat Fisik, Dan Keausan," *J. Mettek J. Ilm. Nas. Dalam Bid. Ilmu Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 36–43, 2017.
- [4] H. Dhia and A. Mahyudin, "Pengaruh Komposisi Polipropilena dengan Pati Talas terhadap Sifat Mekanik Polymer Blend Berpenguat Serat Pinang," *J. Fis. Unand*, vol. 9, no. 1, pp. 38–44, 2020, doi: 10.25077/jfu.9.1.38-44.2020.
- [5] D. Nuhari Azman, Nawawi Juhan, "Analisa sifat mekanik komposit hybrid bermatriks epoxy berpenguat serat daun nanas dan serbuk CaCO<sub>3</sub>," vol. 8, no. 1, 2024.
- [6] E. Widiyanto, A. Hadib, Kardimanc, and R. Hanifid, "Sifat Mekanik Komposit Aluminium ADC12-SiC-Mg Menggunakan Semi Solid Stir Casting dengan Variasi Penambahan SiC dan Mg," *Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 1, p. 22, 2019, doi: 10.32662/gojise.v2i1.528.
- [7] R. Amanda, "Analisa sifat mekanik komposit polyester serat pelepah pisang abaka berdasarkan variasi fraksi volume," Politeknik Negeri Lhokseumawe, 2023.
- [8] R. Maulana, "Studi eperimental karakteristik komposit serbuk kayu menggunakan matriks epoxy pada berbagai media perendaman," Politeknik Negeri Lhokseumawe, 2023.