

Pengaruh Fraksi Massa dan Bentuk serat Pisang Abaka Terhadap Kekuatan Tarik Pada Proses Pembuatan Komposit

Mulyadi Halim^a, Roro Heni Hendaryati^a, Mohamad Irkham Mamungkas^a

^aDepartement of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas No. 264, Malang, East Java, Indonesia, 65144
Telp: (0341) 464318-128
e-mail: mulhal271@gmail.com, heni@umm.ac.id, irkham@umm.ac.id

Abstracts

In matrix resin-reinforced fiber composites the contribution of high tensile strength, strength and stiffness properties increases at the end, while minimizing weight. Various reasons including its potential to replace plastics known as synthetic fibers at low cost but have continued to increase interest in natural fiber composites [3]. Natural fibers have a sustainable behavior that can be biodegradable, this has several advantages such as easy processing, renewable, affordable cost, high disposability, low density, and can be recycled [5][6]. In this study, the type of experimental research or True Experiment Research was carried out, because the required data can only be obtained from an experiment. In the process of making composite specimens using variations in the mass fraction and fiber shape of 10%, 15%, 20%, and 25% of the tensile strength with the vacuum infusion method. The highest tensile strength value was obtained for the 25% short fiber mass fraction variation, namely 94,264 Mpa and the lowest value for the 10% short fiber mass fraction variation, 13,338 Mpa. It can be concluded that the influence of the weight fraction and the shape of the abaca fiber has an effect on the tensile strength results.

Kata Kunci: abaca fiber, composite, weight fraction, fiber shape, tensile strength.

Abstrak

Dalam komposit serat yang diperkuat resin matriks kontribusi kekuatan tarik tinggi, kekuatan dan sifat kekakuan meningkat pada akhirnya, sambil meminimalkan berat. Berbagai alasan termasuk potensinya untuk menggantikan plastik yang dikenal sebagai serat sintesis dengan biaya rendah tetapi terus meningkatkan minat terhadap komposit serat alam [3]. Serat alam memiliki perilaku berkelanjutan yaitu dapat terurai secara hayati, hal ini memiliki beberapa keunggulan seperti pengolahan yang mudah, terbarukan, biaya terjangkau, daya pakai tinggi, kepadatan rendah, dan dapat didaur ulang [5][6]. Pada penelitian ini dilakukan jenis penelitian eksperimen atau True Experiment Research, karena data yang dibutuhkan hanya dapat diperoleh dari eksperimen. Pada proses pembuatan spesimen komposit menggunakan variasi fraksi massa dan bentuk serat 10%, 15%, 20%, dan 25% dari kekuatan tarik dengan metode vacuum infusion. Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada variasi fraksi massa serat pendek 25% yaitu 94,264 Mpa dan nilai kekuatan tarik terendah pada variasi fraksi massa serat pendek 10% yaitu 13,338 Mpa. Dapat disimpulkan bahwa pengaruh fraksi berat dan bentuk serat abaka berpengaruh terhadap hasil kuat tarik.

Kata Kunci: serat abaca, komposit, fraksi berat, bentuk serat, kekuatan tarik.

1. Pendahuluan

Material komposit mulai banyak dikembangkan dalam dunia industri manufaktur. Untuk mencapai suatu hasil yang bermanfaat bagi umat manusia khususnya dalam mengatasi masalah yang ada pada saat ini, perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan dalam dunia teknik tahun terakhir banyak memunculkan penemuan dan inovasi baru [1]

Bahan komposit mempunyai banyak kelebihan diantaranya: kuat, berat jenisnya, biaya pembuatan yang lebih murah dan tahan korosi [2]. Dalam serat komposit berpenguat resin matrik menghasilkan kontribusi kekuatan tarik tinggi, kekuatan dan kekakuan memiliki sifat yang meningkat dibagian akhir, juga meminimalkan berat. Serat terbagi menjadi dua jenis, yaitu serat sintesis dan serat alami. Serat sintesis merupakan serat buatan manusia yang dibuat dengan mengekstrusi bahan bangunan serat melalui pemintal ke air dan udara, mengembangkan benang. Serat buatan dibuat dengan polimer yang diperoleh dari petrokimia sebelum serat buatan itu dikembangkan. Serat alami merupakan serat yang berasal dari tumbuhan dan bulu hewan. Berbagai alasan termasuk potensinya untuk menggantikan plastik yang diketahui sebagai serat sintesis dengan biaya rendah namun memiliki peningkatan berkelanjutan menjadi ketertarikan pada komposit serat alami [3].

Sifat dari komposit serat (fibrous composite) yang kuat dan lebih ringan dibanding dengan logam menjadi penyebab komposit terus diteliti dan dikembangkan untuk menjadi pilihan pengganti bahan logam. Komposit merupakan perpaduan dua material atau lebih memiliki fasa yang berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan menjadi suatu material baru [4].

Serat alam komposit telah menarik banyak perhatian kepada para peneliti dan ilmuwan karena memiliki keunggulan dibandingkan serat karbon dan kaca konvensional sebagai penguat pengganti polimer. Karakteristik mekanis sedikit lebih tinggi untuk serat abaka. Serat alami memiliki perilaku berkesinambungan yang bisa terurai secara hayati ini memiliki beberapa kelebihan seperti pengolahan mudah, dapat diperbarui, biaya terjangkau, disposabilitas tinggi, kepadatan kecil, dan dapat didaur ulang [5][6].

Pelepah pisang banyak dimanfaatkan masyarakat, terutama bagian yang mengandung serat. Setelah diurai setiap lembar sering dimanfaatkan sebagai pembungkus untuk bibit tanam sayuran, dan setelah dikeringkan dapat digunakan untuk tali pada pengolahan tembakau, dan dapat pula digunakan untuk kompos [7].

Pisang abaka merupakan bahan dasar lingo-selulosa yang didapatkan dari tanaman yang disebut *Musa textiles* [8]. Beberapa peneliti telah mengobservasi potensi penguatan dari serat pisang dalam matriks polimer karena serat pisang yang tersedia begitu banyak [9]. Melihat dari potensi tersedianya bahan baku, maka penelitian ini diarahkan untuk pemanfaatan serat pelepah pisang sebagai penguat komposit. Jenis pelepah pisang yang akan diteliti seratnya ialah serat pelepah pisang abaka (*Musa Textilis*) dengan menggunakan penelitian uji tarik.

2. Metodologi

Dalam penelitian ini melakukan jenis penelitian *experimental* atau *True Experiment Research*, karena data-data yang diperlukan hanya dapat diperoleh dari sebuah percobaan. Kajian literatur dari berbagai sumber baik dari jurnal maupun buku yang terkait digunakan untuk menambah informasi yang diperlukan. Pengujian tersebut dimulai dari pembuatan spesimen komposit yang berpenguat serat alam pisang abaka kemudian dilakukan pengujian dengan menggunakan metode uji tarik untuk mengetahui sifat mekanik dari serat alam pisang abaka. Penelitian ini menggunakan variasi fraksi berat dan variasi bentuk serat. Pada proses pembuatan spesimen menggunakan metode *vacuum infusion* karena rasio serat dengan resin yang lebih baik menghasilkan laminasi yang lebih ringan dan lebih kuat, juga memiliki distribusi resin yang merata ke semua bidang dan memperoleh hasil bobot yang cenderung ringan.

Data yang diambil dari tugas akhir diperoleh dari penelitian yang dilakukan pada dua tempat yaitu: Pusat Peragaan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPA IPTEK) Universitas Muhammadiyah Malang dan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang.

Bahan untuk pengambilan data yang digunakan pada pengujian adalah: Serat pisang abaka panjang dan pendek yang sudah disisir halus masing-masing dengan fraksi berat 10%, 15%, 20%, dan 25%, Resin poliester sebagai matriks, Katalis yang berfungsi dalam pembuatan komposit untuk mempercepat reaksi pengerasan (curing) dalam pembuatan komposit dan Alkali NaOH yang berperan untuk menghilangkan lapisan pektin atau lignin pada serat.

Dalam penelitian menggunakan alat yang terdiri dari: Timbangan digital, Beaker glass, Cetakan spesimen uji tarik sesuai dengan standar ASTM D 638-03, Plastic bag, Infusion tube, Vacuum compressor, Sealent tape, Resin trap, Resin bucket, dan Release agent. Alat uji tarik yang digunakan adalah alat yang telah tersedia di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang dengan merek Shimadzu, model UH-300KNX, Serial Number 1240353H0074, Tahun 2015, berkapasitas 300kN.

Pembuatan serat spesimen pengujian dilakukab dengan cara sebagai berikut: Melakukan perendaman serat menggunakan NaOH 5% selama 2 jam untuk menghilangkan lapisan pektin/lignin kemudian menjemur serat sampai benar-benar kering. Setelah kering sesuaikan panjang ukuran yang dibutuhkan. Pada penelitian ini adalah serat utuh dengan panjang yang sama dengan cetakan dan serat pendek yang dipotong kecil-kecil. Serat yang telah kering akan ditimbang sesuai dengan hasil perhitungan berdasarkan fraksi berat 10%, 15%, 20, dan 25%. Jika serat sudah siap maka proses pembuatan spesimen menggunakan metode vacuum infusion sudah siap dilakukan.

Proses pembuatan spesimen dilakukan di Pusat Peragaan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPA IPTEK) Universitas Muhammadiyah Malang menggunakan metode vacuum infusion dengan langkah-langkah sebagai berikut: (1) Mempersiapkan cetakan. Diusahakan semua alat pendukung dalam persiapan cetakan benar-benar tersedia dan lengkap. (2) Cetakan dan alas cetakan diberi release agent agar mempermudah ketika melepaskan spesimen dari cetakan. (3) Melakukan pemasangan sealent tape pada alas cetakan, disesuaikan dengan ukuran cetakan dan diusahakan benar-benar terpasang secara persisi. (4) Serat kemudian ditimbang sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan lalu dimasukkan kedalam cetakan. (5) Pemasangan peralatan vacuum infusion yaitu selang sebagai saluran penghubung antar resin bucket pada inlet dan resin trap sampai vacuum pump. (6) Ukur dan potong plastic bag sesuai kebutuhan kemudian dipasang diatas cetakan dan rekatkan dengan sealent tape yang sudah terpasang sebelumnya. (7) Setelah semua terpasang, pompa boleh dihidupkan dan diatur hingga tekanan maksimal untuk menghilangkan udara yang terjebak dalam cetakan sampai benar-benar vacuum. (8) Matikan pompa vacuum, memeriksa kembali apakah terjadi kebocoran dengan cara menutup katup outlet. Apabila jarum di pressure gauge tidak turun maka tidak ditemukan tanda kebocoran dan dinyatakan vacuum. (9) Langkah selanjutnya mengisi resin dan katalis sesuai dengan kebutuhan, kemudian menyalakan pompa vacuum. (10) Membuka saluran inlet lalu menyiapkan resin yang telah dicampur tadi ke ujung selang inlet. (11) Membuka saluran outlet agar resin mengalir masuk kedalam cetakan. (12) dapat dilihat perubahan warna yang terjadi saat resin mengalir kedalam cetakan. Setelah resin masuk kedalam cetakan hingga benar-benar terisi sepenuhnya kemudian dilakukan penutupan saluran inlet dan outlet untuk mencegah masuknya udara kedalam cetakan. (13) Membiarkan spesimen sampai kering dengan kering spesimen kurang lebih 18-20 jam dalam suhu ruangan. (14) Setelah spesimen kering, spesimen dilepas dari cetakan dan dirapikan menggunakan amplas kemudian diukur. Ulangi prosedur pembuatan spesimen hingga semua spesimen yang dibutuhkan siap untuk diuji tarik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Hasil Pengujian Tarik

Data hasil spesimen benda uji komposit variasi fraksi massa dan bentuk serat dengan persentase fraksi massa 10%, 15%, 20%, dan 25% continuous fiber dan fraksi massa 10%, 15%, 20%, dan 25% discontinuous fiber ditampilkan pada Tabel 1-10 serta Gambar 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil Uji tarik Continuous Fiber Pisang Abaka 10%

| Benda Uji | Tabel (mm) | Lebar (mm) | A (mm ²) | Lo (mm) | Kekuatan Tarik (Mpa) |
|-----------|------------|------------|----------------------|---------|----------------------|
| 1 | 2.5 | 13.4 | 55 | 165 | 33.403Mpa |
| 2 | 3.75 | 13.5 | 55 | 165 | 39.501Mpa |
| 3 | 2.5 | 13.25 | 55 | 165 | 39.766Mpa |
| Rata-rata | 2.92 | 13.38 | 55 | 165 | 37.557Mpa |

Tabel 2. Hasil Uji tarik Continuous Fiber Pisang Abaka 15%

| Benda Uji | Tabel (mm) | Lebar (mm) | A (mm ²) | Lo (mm) | Kekuatan Tarik (Mpa) |
|-----------|------------|------------|----------------------|---------|----------------------|
| 1 | 5.1 | 14.25 | 55 | 165 | 38.938Mpa |
| 2 | 5.5 | 14 | 55 | 165 | 34.569Mpa |
| 3 | 5.5 | 14 | 55 | 165 | 38.938Mpa |
| Rata-rata | 5.37 | 14.09 | 55 | 165 | 37.482Mpa |

Tabel 3. Hasil Uji tarik Continuous Fiber Pisang Abaka 20%

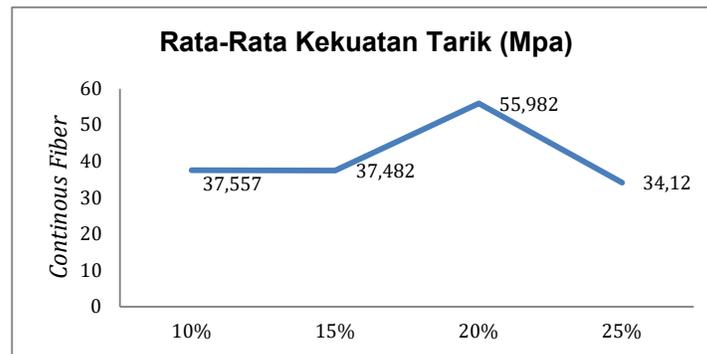
| Benda Uji | Tabel (mm) | Lebar (mm) | A (mm ²) | Lo (mm) | Kekuatan Tarik (Mpa) |
|-----------|------------|------------|----------------------|---------|----------------------|
| 1 | 6.75 | 13.75 | 55 | 165 | 43.330Mpa |
| 2 | 6 | 13.75 | 55 | 165 | 71.613Mpa |
| 3 | 6 | 14 | 55 | 165 | 53.002Mpa |
| Rata-rata | 6.25 | 13.83 | 55 | 165 | 55.982Mpa |

Tabel 4. Hasil Uji tarik Continuous Fiber Pisang Abaka 25%

| Benda Uji | Tabel (mm) | Lebar (mm) | A (mm ²) | Lo (mm) | Kekuatan Tarik (Mpa) |
|-----------|------------|------------|----------------------|---------|----------------------|
| 1 | 7.25 | 14.85 | 55 | 165 | 26.364Mpa |
| 2 | 7.5 | 14.25 | 55 | 165 | 24.651Mpa |
| 3 | 7,5 | 14.05 | 55 | 165 | 51.343Mpa |
| Rata-rata | 7.42 | 14.05 | 55 | 165 | 34.120Mpa |

Tabel 5. Rata-rata Hasil Uji Tarik Continuous Fiber Pisang Abaka

| Filler Continuous Fiber | Kekuatan Tarik (Mpa) |
|-------------------------|----------------------|
| | Rata-rata |
| 10% | 37.557Mpa |
| 15% | 37.482Mpa |
| 20% | 55.982Mpa |
| 25% | 34.120Mpa |



Gambar 1 Rata-rata kekuatan tarik (Mpa) discontinuous fiber

Tabel 6. Hasil Uji tarik Discontinuous Fiber Pisang Abaka 10%

| Benda Uji | Tabel (mm) | Lebar (mm) | A (mm ²) | Lo (mm) | Kekuatan Tarik (Mpa) |
|-----------|------------|------------|----------------------|---------|----------------------|
| 1 | 4.75 | 13.75 | 55 | 165 | 17.133Mpa |
| 2 | 3.25 | 13 | 55 | 165 | 12.349Mpa |
| 3 | 3.25 | 13.33 | 55 | 165 | 10.532Mpa |
| Rata-rata | 3.75 | 13.33 | 55 | 165 | 13.338Mpa |

Tabel 7. Hasil Uji tarik Discontinuous Fiber Pisang Abaka 15%

| Benda Uji | Tabel (mm) | Lebar (mm) | A (mm ²) | Lo (mm) | Kekuatan Tarik (Mpa) |
|-----------|------------|------------|----------------------|---------|----------------------|
| 1 | 5 | 13 | 55 | 165 | 16.212Mpa |
| 2 | 5 | 13.25 | 55 | 165 | 22.882Mpa |
| 3 | 6.15 | 14.15 | 55 | 165 | 17.299Mpa |
| Rata-rata | 5.383 | 13.47 | 55 | 165 | 18.798Mpa |

Tabel 8. Hasil Uji tarik Discontinuous Fiber Pisang Abaka 20%

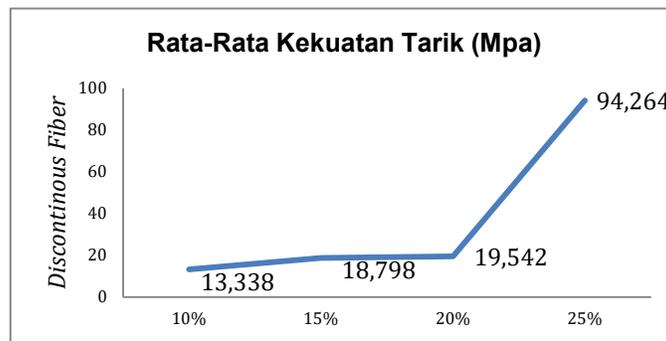
| Benda Uji | Tabel (mm) | Lebar (mm) | A (mm ²) | Lo (mm) | Kekuatan Tarik (Mpa) |
|-----------|------------|------------|----------------------|---------|----------------------|
| 1 | 7.25 | 13.5 | 55 | 165 | 14.427Mpa |
| 2 | 7 | 13.25 | 55 | 165 | 13.435Mpa |
| 3 | 6.5 | 13.15 | 55 | 165 | 30.746Mpa |
| Rata-rata | 6.92 | 13.3 | 55 | 165 | 19.542Mpa |

Tabel 9. Hasil Uji tarik Discontinuous Fiber Pisang Abaka 25%

| Benda Uji | Tabel (mm) | Lebar (mm) | A (mm ²) | Lo (mm) | Kekuatan Tarik (Mpa) |
|-----------|------------|------------|----------------------|---------|----------------------|
| 1 | 9.75 | 14 | 55 | 165 | 136.5Mpa |
| 2 | 9.5 | 14.6 | 55 | 165 | 138.7Mpa |
| 3 | 7.75 | 14.75 | 55 | 165 | 7.592Mpa |
| Rata-rata | 9 | 14.45 | 55 | 165 | 94.264Mpa |

Tabel 10. Rata-rata Hasil Uji Tarik Disontinous Fiber Pisang Abaka

| Filler Continous Fiber | Kekuatan Tarik (Mpa) |
|------------------------|----------------------|
| | Rata-rata |
| 10% | 13.338Mpa |
| 15% | 18.798Mpa |
| 20% | 19.542Mpa |
| 25% | 94.264Mpa |



Gambar 2 Rata-rata Kekuatan Tarik (Mpa) Discontinuous Fiber

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dengan persentase fraksi massa yang berbeda pada serat panjang yaitu 10%, 15%, 20%, dan 25%. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 10% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 37,557 Mpa. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 15% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 37,482 Mpa. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 20% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 55,982 Mpa. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 25% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 34,120 Mpa.

Sedangkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan dengan persentase fraksi massa yang berbeda pada serat pendek yaitu 10%, 15%, 20%, dan 25%. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 10% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 13,338 Mpa. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 15% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 18,798 Mpa. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 20% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 19,542 Mpa. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 25% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 94,264 Mpa.

3.2 Pembahasan

Pada pengujian tarik yang telah dilakukan dapat dilihat pengaruh variasi fraksi massa dan variasi bentuk serat terhadap nilai rata-rata kekuatan tarik komposit. Dibuktikan pada data bahwa pengujian yang telah dilakukan dengan persentase fraksi massa yang berbeda pada serat panjang yaitu 10%, 15%, 20%, dan 25%. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 10% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 37,557 Mpa. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 15% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 37,482 Mpa. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 20% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 55,982 Mpa. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 25% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 34,120 Mpa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai tertinggi ada pada variasi fraksi massa 20% dan variasi fraksi massa paling rendah berada pada fraksi 25% ini disebabkan karena campuran resin yang masuk ketika proses vacuum infusinya tidak rata secara menyeluruh dan terjadi void atau gelembung udara sehingga kekuatan tariknya menurun.

Sedangkan pada hasil pengujian tarik fraksi massa dengan bentuk serat pendek yaitu 10%, 15%, 20%, dan 25%. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 10% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 13,338 Mpa. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 15% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 18,798 Mpa. Pada spesimen serat pisang abaka dengan fraksi massa 20% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 19,542 Mpa. Pada spesimen serat pisang abaka dengan variasi fraksi massa 25% memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik 94,264 Mpa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai tertinggi ada pada fraksi masa 25% dan variasi fraksi massa paling rendah berada pada fraksi massa 10%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengaruh fraksi berat dan bentuk serat pelepas pisang abaka berpengaruh terhadap hasil kekuatan tarik dengan kekuatan tarik yang besar didapatkan pada fraksi massa 25% bentuk serat pendek yaitu 94,264 Mpa, dan untuk fraksi massa paling rendah pada variasi bentuk serat pendek fraksi massa 10% adalah 13,338 Mpa. Hal ini disebabkan karena semakin tingginya fraksi massa serat mengakibatkan jumlah serat semakin banyak sehingga ikatan semakin banyak dan hal ini mengakibatkan kekuatan tarik pada fraksi massa 25% dengan bentuk serat pendek paling baik. Ketika proses vacuum infusinya diusahakan untuk lebih teliti lagi agar resin masuk dan menyebar secara menyeluruh dan tidak terjadi void.

Daftar Pustaka

- [1] R. N. Ichsan and M. A. Irfa'i., "Pengaruh Susunan Lamina Komposit Berpenguat Serat E-Glass Dan Serat Carbon Terhadap Kekuatan Tarik Dengan Matrik Polyester," *J. Tek. Mesin*, vol. 03, no. 3, pp. 32–39, 2015.
- [2] A. Asroni and S. Dri Handono, "Kaji Eksperimen Variasi Jenis Serat Batang Pisang Untuk Bahan Komposit Terhadap Kekuatan Mekanik," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 214–222, 2018, doi: 10.24127/trb.v7i2.764.
- [3] K. Srinivas, A. Lakshumu Naidu, and M. V. A. Raju Bahubalendruni, "A review on chemical and mechanical properties of natural fiber reinforced polymer composites," *Int. J. Performability Eng.*, vol. 13, no. 2, pp. 189–200, 2017, doi: 10.23940/ijpe.17.02.p8.189200.
- [4] F. Hendriwan and H. Harry, "Pengaruh Orientasi Serat pada Komposit Resin Polyester/ Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Tarik," *J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, pp. 46–52, 2013.
- [5] M. Puttegowda, H. Pulikkalparambil, and S. M. Rangappa, "Trends and Developments in Natural Fiber Composites," *Appl. Sci. Eng. Prog.*, vol. 14, no. 4, pp. 543–552, 2021, doi: 10.14416/j.asep.2021.06.006.
- [6] S. Yogeshwaran, L. Natrayan, G. Udhayakumar, G. Godwin, and L. Yuvaraj, "Effect of waste tyre particles reinforcement on mechanical properties of jute and abaca fiber - Epoxy hybrid composites with pre-treatment," *Mater. Today Proc.*, vol. 37, no. Part 2, pp. 1377–1380, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.06.584.
- [7] S. Karyati, L. Herawati, and S. P. Ganefati, "Pengaruh Penambahan Limbah Pelepah Pisang Sebagai Komponen Daur Ulang Kertas," *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 5, no. 1, pp. 8–15, 2013.
- [8] A. K. Sinha, H. K. Narang, and S. Bhattacharya, "Tensile Strength of Abaca Epoxy Laminated Composites," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 14, pp. 27861–27864, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2018.10.024.
- [9] B. Kumar Singh, U. Kumar Komal, Y. Singh, S. Singh Banwait, and I. Singh, "Development of banana fiber reinforced composites from plastic waste," *Mater. Today Proc.*, vol. 44, pp. 2194–2198, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.352.