



PENGARUH NILAI DENSITAS TERHADAP UJI TARIK PADA KOMPOSIT BERBAHAN BATANG KELAPA SAWIT

THE EFFECT OF DENSITY VALUE ON TENSILE TESTING OF OIL PALM STEM-BASED COMPOSITES

Tia Rahmadani^{1*}, Ety Jumiati², Miftahul Husnah³

¹²³Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Fisika
Jl. Lapangan Golf, Desa Durian Jangak, Kec. Pancur Batu Kabupaten Deli Serdang,
Provinsi Sumatera Utara

*Corresponding author: tiarahmadani741@gmail.com

ABSTRAK

Material komposit ialah material yang tersusun atau terbentuk dari campuran dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda dan menghasilkan suatu material yang baru yang mempunyai sifat berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi material komposit, dan untuk mengetahui bagaimana pengaruh uji densitas terhadap uji Tarik pada metrial komposit. Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah serat batang kelapa sawit, resin *epoxy*, resin *polyester*, resin *vinyl-ester*. Variasi komposisi antara serat bang kelapa sawit dengan perekat resin *epoxy*, *polyester* dan *vinyl-ester* yaitu sampel A, 40%:60% menggunakan resin *epoxy*, sampel B, 40%:60% menggunakan resin *polyester*, sampel C, 40%:60% menggunakan resin *vinyl-ester*. Material komposit dicetak menggunakan mesin hot press dengan tekanan 0,1 MPa dan suhu 150°C selama 15 menit. Hasil dari pengukuran densitas sebesar 0,79-0,94 g/cm³, nilai uji tarik sebesar 7,0-13,4 MPa.

Kata kunci: material komposit, resin, serat batang kelapa sawit.

ABSTRACT

Composite materials are materials composed or formed from a mixture of two or more materials with different properties, resulting in a new material with distinct characteristics. This study aims to determine the characterization of composite materials and to investigate the effect of density testing on the tensile test of composite materials. The materials used in the fabrication of the composites were oil palm stem fiber, epoxy resin, polyester resin, and vinyl-ester resin. The composition variations between oil palm stem fiber and the adhesive resins were as follows: sample A, 40%:60% using epoxy resin; sample B, 40%:60% using polyester resin; and sample C, 40%:60% using vinyl-ester resin. The composite materials were molded using a hot press machine at a pressure of 0.1 MPa and a temperature of 150°C for 15 minutes. The density measurement results ranged from 0.79–0.94 g/cm³, while the tensile strength values ranged from 7.0–13.4 MPa

Keywords: composite material, oil palm stem fiber, resin.

1. PENDAHULUAN/ INTRODUCTION

Salah satu material yang sedang banyak dikembangkan adalah material komposit. Hal ini dibuktikan dengan semakin banyak material-material baru yang berkualitas tinggi dan ramah lingkungan. Material komposit merupakan material rekayasa yang tersusun dari dua atau lebih material berbeda yang



digabungkan secara makroskopik maupun mikroskopik untuk menghasilkan sifat yang lebih unggul dibandingkan material penyusunnya secara individual. Material penyusun komposit umumnya terdiri atas matriks (matrix) sebagai fase kontinu dan penguat (reinforcement) sebagai fase terdispersi. Matriks berfungsi mengikat, melindungi, serta mendistribusikan beban ke penguat, sedangkan penguat berperan meningkatkan sifat mekanik seperti kekuatan, kekakuan, ketahanan aus, dan ketahanan terhadap retak (mahboubizadeh *et al.*, 2024). Perkembangan teknologi komposit saat ini banyak mengarah pada penggunaan serat alam sebagai penguat karena sifatnya yang ramah lingkungan, dapat diperbarui, ringan, dan memiliki biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan serat sintetis. Komposit berbasis serat alam telah banyak diterapkan pada bidang otomotif, konstruksi, kemasan, dan material teknik lainnya (Kiruthika, 2024)

Komposit yang menggunakan serat alam sebagai bahan penguat semakin banyak diteliti karena menawarkan berbagai keuntungan dibandingkan serat sintetis, seperti bobot yang lebih ringan, biaya produksi yang lebih rendah, mudah diperoleh, ramah lingkungan, serta berasal dari sumber daya yang dapat diperbarui. Selain itu, serat alam juga memiliki kemudahan dalam proses pengolahan dan mampu memberikan peningkatan sifat mekanik pada material komposit (Bahfie *et al.*, 2022). Serat yaitu komponen penguat (*reinforcement*) yang memiliki peranan penting dalam menentukan sifat mekanik material komposit. Pada material komposit, serat berfungsi sebagai elemen utama yang menahan beban yang diterima oleh material, sedangkan matriks berfungsi sebagai pengikat yang menjaga kesatuan struktur komposit serta melindungi serat dari kerusakan selama menerima pembebanan (Ojahan, Hansen and M.S., 2015). Penggunaan serat sebagai bahan penguat mampu meningkatkan kekuatan dan kekakuan material komposit karena sifat mekanik serat umumnya lebih tinggi dibandingkan matriks. Ketika komposit menerima gaya dari luar, sebagian besar beban akan ditahan oleh serat, sedangkan matriks berperan mendistribusikan tegangan ke seluruh bagian penguat sehingga material dapat bekerja secara efektif. Oleh karena itu, keberadaan serat sangat berpengaruh terhadap peningkatan sifat mekanik komposit, seperti kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan modulus elastisitas (Marunung, 2022)

selain itu juga dapat menghemat penggunaan resin. Adapun resin yang digunakan dalam penelitian ini yaitu;

1. Resin Epoxy

Resin epoxy merupakan salah satu jenis resin termoset yang banyak digunakan sebagai matriks pada material komposit karena memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, daya rekat yang baik, ketahanan terhadap bahan kimia, serta stabilitas termal yang baik. Setelah mengalami proses curing, resin epoxy membentuk struktur ikatan silang (cross-linking) yang rapat sehingga mampu menghasilkan material komposit dengan kekuatan dan kekakuan yang tinggi. Oleh karena itu, resin epoxy banyak digunakan pada aplikasi yang membutuhkan performa mekanik tinggi seperti industri otomotif, konstruksi, dan dirgantara (PGS. Bach Trọng Phúc, 2024).

2. Resin Polyester

Resin polyester merupakan resin termoset yang banyak digunakan sebagai matriks komposit karena memiliki harga yang relatif murah, proses manufaktur yang sederhana, serta ketahanan terhadap korosi yang cukup baik. Resin ini dapat mengalami proses curing dengan cepat melalui penambahan katalis sehingga cocok digunakan pada berbagai metode fabrikasi komposit. Selain itu, resin polyester juga memiliki kemampuan yang baik dalam mengikat material penguat sehingga banyak digunakan pada komposit serat sintetis maupun serat alam (Farsane *et al.*, 2022)

3. Vinyl-ester

Resin vinyl ester merupakan resin termoset yang memiliki karakteristik di antara resin epoxy dan polyester. Resin ini memiliki ketahanan kimia dan ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan resin polyester, serta memiliki sifat mekanik yang relatif tinggi. Selain itu, resin vinyl ester juga memiliki daya serap air yang rendah dan ketahanan yang baik terhadap lingkungan lembap sehingga banyak digunakan pada aplikasi kelautan, perpipaan, dan struktur yang beroperasi pada lingkungan korosif (Farsane *et al.*, 2022)



Uji densitas atau massa jenis atau kerapatan adalah pengukuran massa suatu benda dalam setiap satuan volume benda. Kaku yaitu kemampuan dari suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk apabila diberi beban dengan gaya tertentu pada daerah elastis di pengujian banding. Tangguh yaitu bila diberikan gaya atau beban yang menyebabkan bahan tersebut menjadi patah pada pengujian titik lentur. Serat secara umum terdiri dari dua jenis diantaranya: serat sintetis dan serat alami (Callister, W. D., & Rethwisch, 2018). Massa jenis merupakan sifat dari suatu bahan. Massa jenis biasanya digunakan untuk mengkarakteristikan massa dari sebuah sistem fluida. Massa jenis pada penelitian ini ditentukan secara eksperimental menggunakan densitometer. Alat ini digunakan untuk menentukan densitas benda padat maupun cair secara otomatis dengan menggunakan prinsip hukum Archimedes sebagai berikut. Untuk menghitung prinsip hukum Archimedes dapat menggunakan persamaan 1;

$$\rho_c = \frac{W_c}{W_c - W_i} \rho_w \quad (1)$$

Dimana :

ρ_c = Densitas komposit (g/cm^3)
 W_c = Massa komposit (g)
 W_i = Massa komposit saat tenggelam di air (g)
 ρ_w = Densitas cairan yang digunakan (g/cm^3)

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan tujuan mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terus menerus, sehingga beban (perpanjangannya) terus menerus meningkat dan teratur sampai putus dengan tujuan menentukan nilai tarik. Mesin uji tarik sering digunakan untuk kegiatan engineering untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu material. Mesin uji tarik terdiri dari beberapa bagian diantaranya: kerangka, mekanisme, pencekam spesimen, ikatan yang lemah dapat menyebabkan kegagalan pada antarmuka serat dan matriks yang berakibat pada penurunan sifat mekanik komposit (Syahrul Ramadhan and Risly Prakasa, 2021). Pada uji tarik benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontiniu, bersamaan dengan dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang di alami benda uji. Untuk menghitung besar tegangan pada ujia tarik dapat menggunakan persamaan 2.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Dimana :

P = Beban (N)
A = Luas Penampang (mm^2)
 σ = Tegangan (MPa)

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, diketahui bahwa penggunaan resin polyester maupun resin epoxy dapat memengaruhi sifat mekanik material komposit. Namun, penelitian sebelumnya masih berfokus pada penggunaan satu jenis matriks tertentu dan belum membandingkan secara langsung pengaruh beberapa jenis matriks terhadap komposit berpenguat serat batang kelapa sawit. Selain itu, parameter pengujian yang dilakukan pada penelitian terdahulu juga masih terbatas pada beberapa sifat mekanik tertentu. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki perbedaan dan kebaruan dibandingkan penelitian sebelumnya, yaitu dengan menggunakan serat batang kelapa sawit sebagai bahan penguat yang dipadukan dengan tiga jenis perekat atau matriks yang berbeda, yaitu resin epoxy, resin polyester, dan resin vinyl ester. Selain itu, karakterisasi yang dilakukan tidak hanya mencakup satu jenis pengujian mekanik, tetapi meliputi pengujian fisis berupa densitas serta pengujian mekanis berupa kuat tarik. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai pengaruh variasi jenis perekat



terhadap karakteristik material komposit berbahan serat batang kelapa sawit serta menentukan karakteristik masing-masing matriks terhadap sifat komposit yang dihasilkan.

2. METODE PENELITIAN/ RESEARCH METHOD

2.1 Jenis Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode eksperimental, dengan melakukan pendekatan secara kuantitatif. Material komposit alam disintesis dari bahan batang kelapa sawit dengan perekat resin *epoxy*, *polyester*, *vinyl-ester*.

2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada tahun 2025, dan Pada proses pembuatan dan pengujian penelitian dilakukan pada dua tempat yaitu pada Laboratorium Kimia Polimer Universitas Sumatera Utara Jl Bioteknologi No. 1 Kampus USU, proses pengujian dilakukan di Laboratorium Polimer Departemen Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara Jl. Almameter Kampus USU dan di Laboratorium Fisika Dasar Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Jl. Lapangan Golf Desa Tuntungan II Kecamatan Pancur Batu, Kabupaten Deli Serdang.

2.3 Target/Subjek Penelitian

Target dalam penelitian ini adalah material komposit berbasis serat batang kelapa sawit yang menggunakan resin epoxy, polyester, dan vinyl-ester sebagai matriks atau perekat. Serat batang kelapa sawit dimanfaatkan sebagai bahan penguat (reinforcement) dalam pembuatan komposit untuk mengetahui pengaruh jenis resin terhadap karakteristik fisis dan mekanik material yang dihasilkan. Subjek penelitian berupa spesimen komposit yang dibuat dengan variasi jenis resin, yaitu epoxy, polyester, dan vinyl-ester, dengan perlakuan dan ukuran spesimen yang seragam pada setiap variasi. Spesimen yang telah dibuat kemudian diuji melalui pengujian densitas, kuat tarik, kuat impak, dan kuat lentur untuk menentukan karakteristik material komposit yang dihasilkan. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan purposive sampling, yaitu pemilihan sampel dilakukan secara sengaja berdasarkan variasi jenis resin yang telah ditentukan sehingga hasil pengujian antarspesimen dapat dibandingkan secara objektif.

2.4 Prosedur

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan penelitian berupa variasi jenis resin sebagai matriks material komposit, yaitu resin epoxy, polyester, dan vinyl-ester. Tahapan penelitian diawali dengan persiapan bahan berupa serat batang kelapa sawit yang dibersihkan dan dikeringkan sebelum digunakan sebagai bahan penguat (reinforcement) pada material komposit. Selanjutnya dilakukan proses pembuatan sampel spesimen dengan variasi komposisi yaitu: sampel A, 40%:60% menggunakan resin *epoxy*, sampel B, 40%:60% menggunakan resin *polyester*, sampel C, 40%:60% menggunakan resin *vinyl-ester*. Dicampurkan resin *epoxy*, *polyester* dan *vinyl-ester* dengan katalis hardener sebanyak 1% dari volume resin, seluruh cetakan dilapisi dengan aluminium foil agar tidak lengket dan lebih mudah mengeluarkan sampel, dan kemudian campurkan serat batang kelapa sawit ke dalam resin lalu dimasukkan ke dalam



cetakan. Dilakukan penekanan dan pemanasan dengan alat kempa panas (*hot press*) dengan tekanan 0,1 MPa dan suhu 150°C selama 15 menit. Kemudian spesimen dikeluarkan dari cetakan dan dapat diuji.

2.5 Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa data kuantitatif hasil pengujian sifat fisis dan mekanik material komposit berbasis serat batang kelapa sawit dengan matriks resin epoxy, polyester, dan vinyl-ester. Data penelitian meliputi nilai densitas dan kuat Tarik masing-masing variasi spesimen komposit. Pengumpulan data dilakukan melalui pengujian laboratorium terhadap spesimen yang telah dibuat sesuai variasi jenis resin yang digunakan. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat uji densitas, Universal Testing Machine (UTM) untuk pengujian kuat tarik dan kuat lentur, serta alat uji impak untuk menentukan ketahanan material terhadap beban kejut. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara mengukur dan mencatat hasil pengujian dari setiap spesimen pada masing-masing variasi resin, kemudian data yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui pengaruh jenis resin terhadap karakteristik material komposit berbasis serat batang kelapa sawit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN/ RESULT AND DISCUSSION

Hasil penelitian yang dilakukan dalam pembuatan material komposit berbahan serat batang kelapa sawit dengan perekat resin *epoxy*, *polyester* dan *vinyl-ester* diperoleh data hasil karakterisasi pada sifat fisis (densitas) dan mekanik uji tarik.

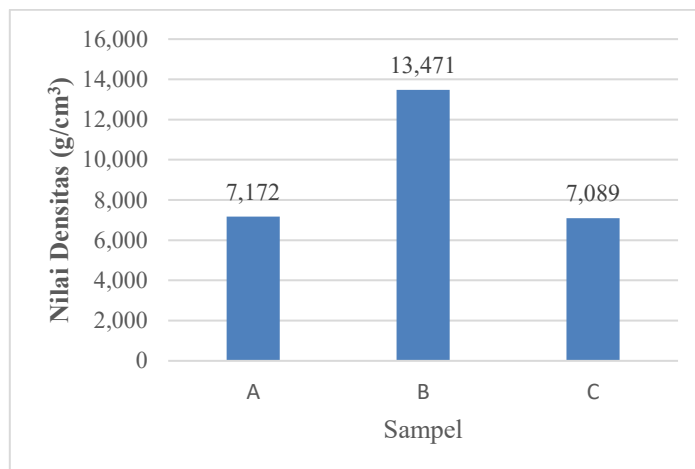
3.1 Densitas

Hasil dari pengukuran densitas pada material komposit serat batang kelapa sawit dengan perekat resin *epoxy*, *polyester* dan *vinyl-ester*, dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Densitas

Sampel	Nilai Densitas (g/cm ³)	JIS A 5905:2003
A	0,94	≥ 0,35 g/cm ³
B	0,79	
C	0,86	

Berdasarkan Tabel 3.1 ditunjukkan nilai pengukuran densitas pada sampel A sebesar 0,94 g/cm³, sampel B sebesar 0,79 g/cm³, sampel C sebesar 0,86 g/cm³. Jika dilihat dari ke tiga sampel di atas maka nilai pengukuran densitas yang didapatkan semua sampel telah sesuai dengan Japanese Industri Standard (JIS A 5905:2003) yang mensyaratkan ≥ 0,35 g/cm³. Adapun grafik pengujian densitas material komposit dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Grafik Hasil Pengukuran Densitas

Berdasarkan Gambar 4.1 hasil pengujian densitas, komposit dengan matriks resin *epoxy* menunjukkan nilai densitas tertinggi, sedangkan komposit berbasis resin *polyester* memiliki nilai densitas terendah. Meskipun ketiga sampel memiliki komposisi serat yang sama, perbedaan nilai densitas ini menunjukkan bahwa jenis resin sebagai matriks berperan penting dalam menentukan tingkat kerapatan material komposit. Nilai densitas yang lebih tinggi pada resin *epoxy* dapat disebabkan oleh massa jenis resin yang secara alami lebih besar serta kemampuannya dalam mengisi celah antar serat dengan lebih baik, sehingga nilai densitas pada resin *polyester* meningkat.

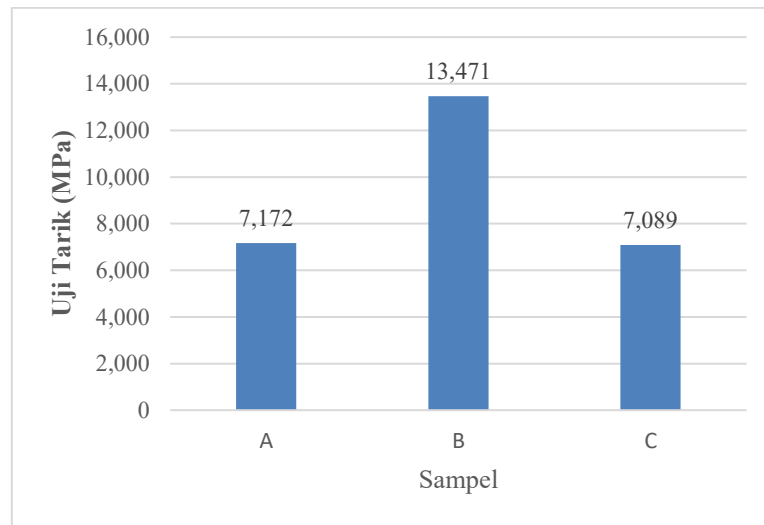
3.2 Uji Tarik

Hasil uji tarik pada material komposit serat batang kelapa sawit dengan perekat resin *epoxy*, *polyester* dan *vinyl-ester*, dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik

Sampel	Uji Tarik (MPa)	JIS A 5905:2003
A	7,1726	≥ 0,35 g/cm ³
B	13,4713	
C	7,0898	

Berdasarkan Tabel 3.2 ditunjukkan nilai uji tarik pada Sampel A sebesar 7,1726 MPa, pada sampel B 13,4713 MPa dan pada sampel C 7,0898 MPa. Jika dilihat dari ke tiga sampel di atas maka nilai uji tarik yang didapatkan semua sampel telah sesuai dengan Japanese Industri (JIS 5905:2003) yang mensyaratkan ≥ 0,4 MPa. Adapun grafik pengujian uji tarik material komposit dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Grafik Uji Tarik

Berdasarkan Gambar 2.2 Hasil pengujian menunjukkan bahwa komposit dengan resin polyester memiliki nilai uji tarik tertinggi, sedangkan komposit dengan resin vinyl-ester memiliki nilai terendah. Meskipun ketiga sampel menggunakan komposisi serat yang sama, perbedaan ini menunjukkan bahwa jenis resin sebagai perekat (matriks) sangat memengaruhi kemampuan material dalam menahan beban tarik. Nilai uji tarik yang lebih tinggi pada resin polyester terjadi karena resin ini mampu melekat dengan serat secara lebih baik. Dalam material komposit, kekuatan tarik sangat bergantung pada seberapa kuat hubungan antara serat dan resin. Saat spesimen ditarik, beban yang diberikan pertama kali diterima oleh resin, lalu diteruskan ke serat. Jika ikatan antara keduanya kuat, maka beban dapat tersalurkan dengan baik sehingga serat bisa bekerja secara maksimal dalam menahan gaya tarik.

4. SIMPULAN DAN SARAN/CONCLUSION

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, karakteristik material komposit berbahan serat batang kelapa sawit dengan perekat resin epoxy, polyester, dan vinyl-ester memiliki karakteristik fisis dan mekanis yang bervariasi pada setiap jenis matriks yang digunakan, dari hasil pengukuran diperoleh densitas sebesar $0,79 - 0,94 \text{ g/cm}^3$, hasil uji tarik sebesar $7,09 - 13,47 \text{ MPa}$, Hasil uji densitas dan uji tarik menunjukkan bahwa material komposit yang dihasilkan telah sesuai dengan JIS A 5905:2003.
2. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa jenis matriks memberikan pengaruh terhadap nilai densitas dan kekuatan tarik material komposit berbasis serat batang kelapa sawit. Komposit dengan matriks polyester menghasilkan nilai densitas terendah dibandingkan matriks epoxy dan vinyl ester, yang menunjukkan bahwa komposit tersebut memiliki karakteristik yang lebih ringan dan berpotensi digunakan pada aplikasi yang memerlukan bobot rendah. Selain itu, komposit bermatriks polyester juga menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi dibandingkan variasi resin lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa resin polyester mampu membentuk ikatan yang baik antara matriks dan serat penguat sehingga distribusi beban tarik berlangsung lebih efektif. Dengan



demikian, penggunaan resin polyester memberikan karakteristik densitas yang lebih rendah sekaligus menghasilkan kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan resin epoxy dan vinyl ester.

4.2 Saran

1. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan serat batang kelapa sawit dalam bentuk serat utuh atau serat dengan ukuran panjang tertentu lebih direkomendasikan dibandingkan dalam bentuk serbuk. Serat berbentuk serbuk memiliki dimensi yang sangat pendek sehingga distribusi tegangan antara matriks dan penguat menjadi kurang efektif. Akibatnya, kontribusi penguatan terhadap sifat mekanik komposit, khususnya kekuatan bending, menjadi rendah. Pernyataan ini didukung oleh penelitian Jorena dan Kaban yang menjelaskan bahwa komposit dengan serat pendek memiliki kekuatan mekanik lebih rendah dibandingkan serat panjang karena proses transfer tegangan pada material komposit tidak dapat berlangsung secara maksimal, kemampuan transfer tegangan menjadi berkurang.
2. Menggunakan miracle gloss wax saat mencetak sampel, agar lebih mudah dalam mengeluarkan sampel dari cetakan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH/ ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta motivasi selama proses penelitian dan penulisan artikel ini berlangsung. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada diri sendiri yang telah berjuang dengan penuh semangat, kesabaran, dan kerja keras dalam menyelesaikan penelitian ini hingga tahap akhir. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, semangat, serta bantuan biaya selama proses penelitian berlangsung. Selain itu, penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, masukan, dan motivasi selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada teman-teman yang telah membantu, mendukung, dan memberikan semangat selama proses penelitian sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA/ REFERENCES

- Bahfie, F. *et al.* (2022) “Pengolahan Pasir Besi Untuk Meningkatkan Kadar Titanium (Ti) Dengan Metode Pemisahan Magnetik Secara Basah,” *Jurnal.Balitbangda.Lampungprov.Go.Id/*, 10(3), pp. 237–246.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D.G. (2018) “Materials Science and Engineering:”
- Farsane, M. *et al.* (2022) “a Review of Measuring the Gelation Time in Unsaturated Polyester Resins | Pregled Merjenja Casa Geliranja Nenasiceni Poliesterskih Smol,” *Materiali in Tehnologije*, 56(3), pp. 323–329. Available at: <https://doi.org/10.1722/mit.2021.337>.
- Kiruthika, A. V. (2024) “A review of leaf fiber reinforced polymer composites,” *Journal of Engineering and Applied Science*, 71(1), pp. 1–31. Available at: <https://doi.org/10.1186/s44147-024-00365-2>.
- Mahboubizadeh, S. *et al.* (2024) “Advancements in fiber-reinforced polymer (FRP) composites:



an extensive review,” *Discover Materials* , 4(1). Available at:
<https://doi.org/10.1007/s43939-024-00091-9>.

- Marunung, T. (2022) “Analisis Perbandingan Kekuatan Bahan Komposit Dengan Variasi Susunan Acak Dan Lurus Memanjang Berbasis Serat Bambu Dan Resin Polyester Analisis Perbandingan Kekuatan Bahan Komposit Dengan Variasi Susunan Acak Dan Lurus Memanjang Berbasis Dan Resin Polyester,” *Jurnal Kolaborasi Sains dan Ilmu Terapan*, 1, pp. 19–3.
- Ojahan, T., Hansen, R. and M.S., A. (2015) “Analisis Fraksi Volume Serat Pelepah Batang Pisang Bermatriks Unsaturated Resin Polyester (UPR) Terhadap Kekuatan Tarik dan SEM,” *Mechanical*, 6(1), pp. 43–48. Available at: <https://doi.org/10.23960/mech.v6.i1.201506>.
- PGS. Bach Trọng Phúc (2024) “Hoá học chất tạo màng và sơn.”
- Syahrul Ramadhan, M. and Rislya Prakasa, L. (2021) “Analisis Kekuatan Tarik Material Komposit Serat Alam Daun Agel dengan Variasi Matrik Epoxy Dan Polyester Pada Orientasi Arah Serat 00 dan 900,” *Jurnal Penelitian*, 6(3), pp. 194–203. Available at: <https://doi.org/10.46491/jp.v6i3.567>.