

Pengaruh Variasi Fraksi Volume *Filler* Terhadap Sifat Mekanik pada Komposit *Polyester* Berpenguat Serat Pelepah Pisang

Erlina Rosmawati, Syarifatunnisa Eka Apsarini, Utiya Hikmah*, Nurun Nayiroh

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

Jl. Gajayana No. 50, Malang, Jawa Timur 65144, Indonesia

*E-mail: utiyahikmah@fis.uin-malang.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume pelepah pisang terhadap sifat mekanik serta struktur mikroskopik pada komposit. Penelitian ini menggunakan matriks *polyester* dan serat pelepah pisang sebagai penguat alami. Serat pelepah pisang dipilih karena potensi mekanismenya dan ketersediaannya yang luas. Metode penelitian ini menggunakan metode hands lay-up. Masing-masing sampel di cetak menjadi komposit dengan melakukan variasi fraksi volume serat pelepah pisang sebesar 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Serat pelepah pisang diberikan perlakuan alkalisasi menggunakan NaOH 5% selama 2 jam. Sampel yang dihasilkan selanjutnya dilakukan uji tarik menggunakan Universal Testing Machine (UTM) dan uji mikrostruktur menggunakan mikroskop optik. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh komposit dengan fraksi volume sebesar 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% memiliki nilai kuat uji tarik masing-masing 5,9 Mpa, 11,9 Mpa, 11,9 Mpa, 8,9 Mpa, dan 7,9 Mpa. Dapat diketahui bahwa sampel dengan fraksi volume pelepah pisang sebesar 15% memiliki nilai *tensile stress* yang paling baik, yaitu 11,9 Mpa.

Kata kunci: Komposit, Serat pelepah pisang, Kekuatan tarik, Fraksi volume, Perlakuan Alkali.

Abstract

The purpose of this study is to ascertain how changes in the volume proportion of banana stems affect the composite's mechanical characteristics and microscopic structure. Banana stem fibre served as a natural reinforcement in this investigation together with a polyester matrix. The selection of banana stem fibre was based on its broad availability and possible mechanism. The hands lay-up approach is used in this study. The volume proportion of banana stem fibre was varied from 0% to 25% in order to mould each sample into a composite. A two-hour alkalisiation treatment with 5% NaOH was applied to banana stem fibre. A Universal Testing Machine (UTM) was used to assess the samples' tensile strength, and an optical microscope was used to examine their microstructure. According to the study's findings, the tensile strength values of composites with volume fractions of 0%, 10%, 15%, 20%, and 25% were 5.9 Mpa, 11.9 Mpa, 8.9 Mpa, and 7.9 Mpa, respectively. It is evident that the sample with the best tensile stress value, 11.9 Mpa, has a 15% banana stem volume fraction.

Keywords: Composite, Banana stem fiber, Tensile strength, Volume fraction, Alkali treatment.

PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, penggunaan material komposit telah meningkat karena kualitasnya yang luar biasa, seperti ringan, kuat, dan tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan. Penggunaan filler alami adalah salah satu metode untuk mengembangkan material komposit. Filler alami tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga dapat meningkatkan sifat mekanik matriks yang

digunakan. Serat pelepah pisang adalah salah satu filler alami yang menarik.

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah, terutama serat alam. Pisang adalah pohon yang memiliki jenis terna yang disebut "terna", dengan batang pohon yang halus dan tidak berkayu, batang yang kuat, dan daun yang besar dan panjang berwarna hijau tua. Batang pisang terbagi menjadi dua kategori, yaitu batang asli, yang disebut bonggol, dan batang semu, yang disebut batang palsu. Bonggol terletak di bawah batang

semu dan memiliki banyak mata tunas, yang berfungsi sebagai tempat pertumbuhan akar (Warsono dkk, 2022).

Komposit adalah material yang bahan penyusunnya memiliki sifat yang berbeda, termasuk sifat kimia dan fisika, sehingga menghasilkan material komposit yang memiliki sifat baru dan berbeda dari yang dibentuknya (Ali, 2022). Resin poliester banyak digunakan dalam komposit serat alam untuk berbagai tujuan. Ini termasuk dalam casing elektronik, barang rumah tangga, panel mobil, dan material bangunan ringan. Dalam industri komposit hijau, resin poliester adalah pilihan yang populer karena harganya yang rendah, kekuatan mekanisnya yang baik, dan bahan baku lokal yang mudah ditemukan (Ramesh dkk, 2017). Secara umum, perlakuan alkali adalah teknik sederhana namun sangat efektif untuk meningkatkan kinerja serat pelepah pisang sebagai bahan penguat dalam komposit berbasis polimer. Teknik ini sekarang menjadi standar dalam banyak penelitian serat alam untuk meningkatkan kompatibilitas dengan berbagai jenis resin matriks (Ramesh dkk, 2017).

Kekuatan bahan komposit sangat bergantung pada kekuatan serat pembentuknya karena serat berfungsi sebagai komponen utama yang menahan beban. Serat alam biasanya merupakan serat yang dapat langsung diperoleh dari alam, seperti serat dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Ada banyak jenis serat yang telah digunakan oleh manusia, seperti wol, kapas, sutera, pelepah kelapa, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas, dan knaf atau goni (Asroni dan Sulis, 2018). Karena populasi serat pelepah pisang sangat mudah diperoleh, sangat melimpah, dan memiliki kualitas yang cukup baik, serat pelepah pisang menjadi pilihan yang bagus untuk menggantikan komposit yang terbuat dari bahan sintesis. Dalam manufaktur, komposit berpenguat serat pelepah pisang dapat digunakan sebagai dashboard kendaraan (Saputra, Sutrisno, & Sudarno, 2018).

Beberapa penelitian material komposit dengan penguat serat alam sudah banyak dilakukan seperti pengaruh perlakuan alkali, fraksi volume, orientasi serat dan lain-lain.

Menurut Ojahan dkk (2015) dalam penelitiannya analisis fraksi volume serat pelepah pisang bermatriks unsaturated resin polyester (UPR) terhadap kekuatan tarik dan SEM yang menggunakan fraksi volume 10%, 16%, 22%, 28%, dan 34% didapatkan kesimpulan bahwa semakin besar fraksi volume maka semakin tinggi tegangan, regangan, kekuatan dan ketangguhan material komposit setelah pengujian tariknya.

Dan juga pada penelitian yang dilakukan oleh Paundra (2022) disimpulkan bahwa Fraksi volume serat batang pisang kepok (Musa Paradisiaca) meningkatkan kekuatan tarik komposit hybrid berpenguat serat batang pisang kepok (Musa Paradisiaca) dan serat pinang (Areca catechu L). Kekuatan tarik tertinggi mencapai 15% serat batang pisang kepok, atau 16,33 MPa, dan kekuatan tarik terendah mencapai 30% serat pisang, atau 0% fraksi volume.

Dalam penelitian sebelumnya, Nurdin dkk (2019) menyatakan bahwa perendaman alkali 5% mempunyai kekuatan tarik yang tinggi, sehingga serat dengan perlakuan tersebut akan bisa lebih bagus digunakan sebagai serat penguat yang berefek saling mengikatnya dari bahan pengikat dan bahan penguatnya. Studi yang dilakukan oleh Aditya Hatami dkk (2021) disebutkan sebagai "Pengaruh tata letak serat pada komposit resin polyester serat batang pisang terhadap kekuatan tarik." Dalam penelitian ini, tata letak memanjang, acak, dan anyam digunakan. Susunan memanjang memiliki kekuatan tarik tertinggi 14,64 kgf/mm².

Serat dengan orientasi searah sangat memengaruhi pengujian tarik, menurut Manihuruk dan Siagian (2015). Dengan komposisi serat 1,5%, tegangan maksimum yang dapat diterima bahan adalah 181,64 kgf/cm². Namun, kuat tarik maksimum polyester tanpa filler (serat batang pisang) adalah 54,95 kgf/cm². Serat nenas-poliester memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 5,12 MPa atau 52,19 kgf/cm², sedangkan serat batang pisang dengan matriks PVC-CaCO₃ memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 7,93 MPa atau 80,80 kgf/cm², menurut penelitian (Sriwita, 2014).

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan material komposit dengan matriks polyester dan pelepah pisang sebagai fillernya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume filler terhadap sifat mekanik serta struktur mikroskopik pada material komposit.

METODE EKSPERIMEN

Untuk melakukan penelitian pembuatan material komposit dengan serat pelepah pisang ini menggunakan metode eksperimental. Dalam eksperimen ini dibutuhkan beberapa alat antara lain cutter, gunting, cetakan, gelas plastik, sendok plastik, penggaris, timbangan digital dan sisir kutu. Sedangkan untuk bahan yang digunakan adalah serat batang pohon pisang, resin polyester, cairan NaOH 5%, katalis, wax mirroglass, dan plastisin.

Dalam penelitian ini diberikan fraksi volume serat pelepah pisang 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Dipenelitian lainnya oleh Ariska, dkk (2023) yang menggunakan fraksi volume 10%, 20%, dan 30% dimana yang paling bagus dengan fraksi volume 10%. Dijelaskan juga oleh Fuazzidin, dkk (2023) menyatakan bahwa fraksi volume serat pelepah pisang kepek sebesar 15% memberikan sifat mekanik yang paling baik. Tetapi dalam penelitian oleh Ariska dkk menggunakan serbuk sedangkan dalam penelitian ini berupa serat. Oleh karena itu, fraksi volume tertinggi diambil 25%.

Proses selanjutnya adalah menyiapkan pelepah batang pisang yang sudah dikeringkan, menyerut pelepah bagian luar menggunakan sisir kutu hingga membentuk serat, dan kemudian mencampur serat batang pisang dengan NaOH 5% dari jumlah air untuk mengekstrak serat. Setelah itu, serat batang pisang direndam selama dua jam dalam larutan NaOH seperti Gambar 1a. (Salman dan Fadly, 2019). Setelah perendaman tersebut, serat dikeringkan menggunakan hairdryer (Gambar 1b) dan kemudian ditimbang sesuai fraksi volume yang akan dibuat yaitu 10%, 15%, 20%, 25%. Tahap selanjutnya yaitu disiapkan cetakan yang sudah dilapisi wax mirroglass agar tidak lengket saat sampel diambil. Pencetakan komposit yang pertama dimulai

dengan fraksi volume 0% sebanyak 1 sampel. Kemudian serat yang sudah dikeringkan dan ditimbang sebelumnya ditata searah kedalam cetakan. Lalu dituangkan campuran resin dan katalis yang sudah ditimbang sesuai fraksi volume ke dalam cetakan yang berisi susunan serat dengan fraksi volume 10%. Setelah itu ditunggu 24 jam atau hingga mengering. Lakukan berulang pada fraksi volume 15%, 20%, dan 25% dengan masing-masing 1 sampel. Jumlah sampel komposit yang dibuat dan akan diuji ada 5.



Gambar 1. a. Perlakuan 5% alkali pada serat, dan b. Sampel setelah di keringkan

Sampel komposit yang sudah kering dapat dikarakterisasi yang meliputi pengujian mikro terlebih dahulu kemudian pengujian tarik dengan menggunakan alat Universal Testing Machine (UTM). Tujuan dari pengujian tarik yang adalah untuk mengetahui beberapa sifat mekanik material, seperti: kekuatan tarik, elongasi, modulus elastisitas, energi fraktur, karakteristik kegagalan (Gambar 2).



Gambar 2. Uji kekuatan tarik

HASIL DAN PEMBAHASAN

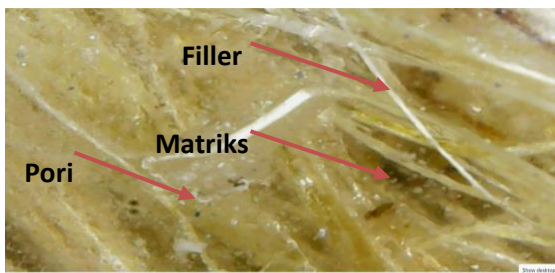
Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu uji mikrostruktur dan uji kuat tarik. Sebelum dilakukan pengujian tarik

dengan alat Universal Testing Machine (UTM), sampel diuji mikrostrukturnya untuk mengetahui struktur ikatan antara serat dan resin. Dan dihasilkan gambar pada setiap sampelnya seperti pada Gambar 3 – 7.



Gambar 3. Uji mikrostruktur pada 100% resin

Gambar 3 menunjukkan hasil komposit serat pelepah pisang sebelum dilakukan uji tarik. Dari hasil uji mikrostruktur tersebut, tampak ada defect berupa udara yang terjebak didalam sampel. Struktur mikroskopik menunjukkan homogenitas yang baik, tetapi tidak ada penguatan dari serat, sehingga kekuatan tariknya rendah.



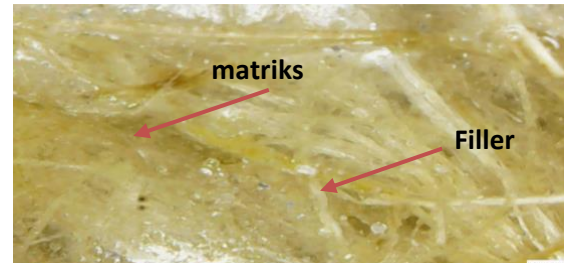
Gambar 4. Uji mikrostruktur pada fraksi volume 10%

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa banyak gelembung yang seperti pori-pori, tetapi penambahan serat pelepah pisang mulai terlihat memberikan efek penguatan. Struktur menunjukkan adanya interaksi antara serat dan matriks resin, yang berkontribusi pada peningkatan kekuatan tarik.



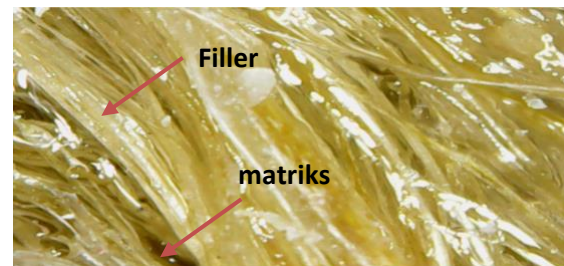
Gambar 5. Uji mikrostruktur pada fraksi volume 15 %

Gambar 5 menunjukkan struktur mikroskopik dengan distribusi serat yang lebih baik dan ikatan yang kuat antara serat dan resin, yang berkontribusi pada kekuatan maksimum yang dicapai.



Gambar 6. Uji mikrostruktur pada fraksi volume 20%

Gambar 6 menunjukkan bahwa terjadi penurunan dalam kualitas ikatan antara serat dan matriks, yang terlihat dari struktur yang kurang homogen. Hal ini berpotensi menyebabkan penurunan kekuatan tarik.



Gambar 7. Uji mikrostruktur pada fraksi volume 25%

Gambar 7 tampak bahwa struktur mikroskopik menunjukkan adanya aglomerasi serat dan kurangnya interaksi yang baik dengan resin yang mengakibatkan penurunan kekuatan tarik yang lebih lanjut.



Gambar 8. sebelum pengujian tarik

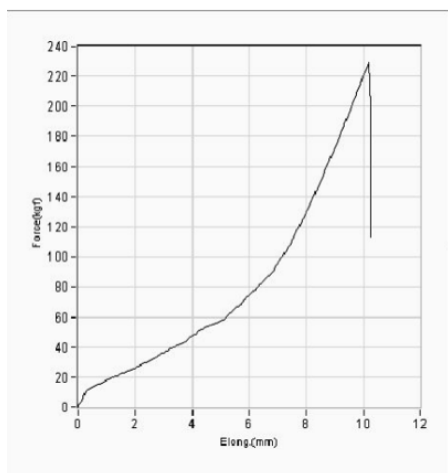


Gambar 9. setelah pengujian tarik

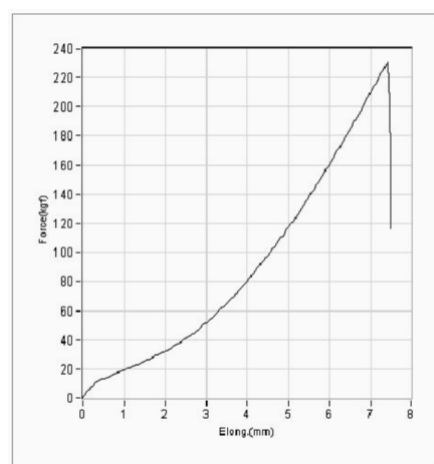
Selanjutnya sampel dilakukan uji Tarik untuk mengetahui sifat mekaniknya, meliputi tensile stress, gaya maksimum, dan regangan. Gambar 8 adalah preparasi sampel sebelum dilakukan uji Tarik, sedangkan Gambar 9 adalah gambar patahan sampel setelah dilakukan uji Tarik. Data hasil uji tarik komposit dengan variasi serat pelepah pisang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Uji Tarik UTM

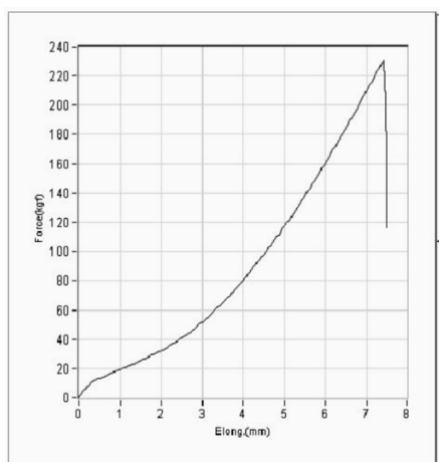
| Fraksi Volume | Force @ Peak (kgf) | Tensile Stress (MPa) | Elong. @ Peak (mm) | Elongation percentage @ peak (%) | Area (mm ²) | GaugeLength/LoadSpan (mm) |
|---------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 0% | 102,75 | 5,893 | 11,745 | 8,39 | 171 | 140 |
| 10% | 229,33 | 11,837 | 10,191 | 7,279 | 190 | 140 |
| 15% | 230,11 | 11,877 | 7,41 | 5,293 | 190 | 140 |
| 20% | 174,18 | 8,99 | 7,882 | 5,63 | 190 | 140 |
| 25% | 153,73 | 7,935 | 6,159 | 4,399 | 190 | 140 |



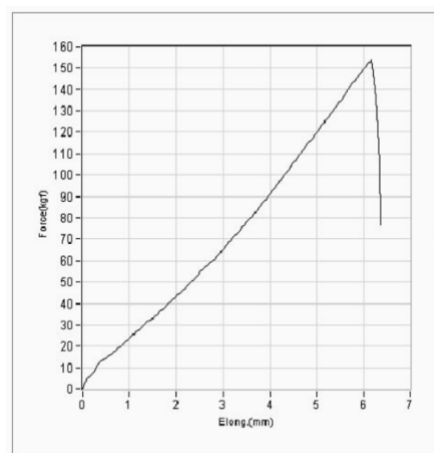
Gambar 10. Grafik UTM pada variasi fraksi volume filler 10%



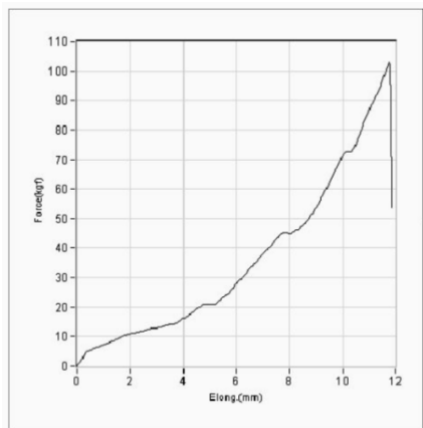
Gambar 12. Grafik UTM pada variasi fraksi volume filler 20%



Gambar 11. Grafik UTM pada variasi fraksi volume filler 15%

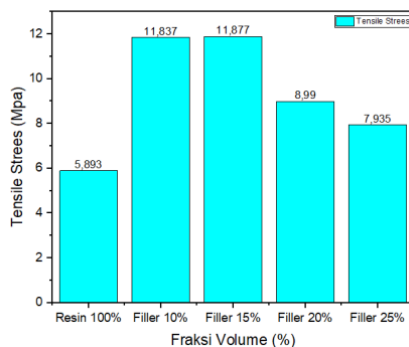


Gambar 13. Grafik UTM pada variasi fraksi volume filler 25%

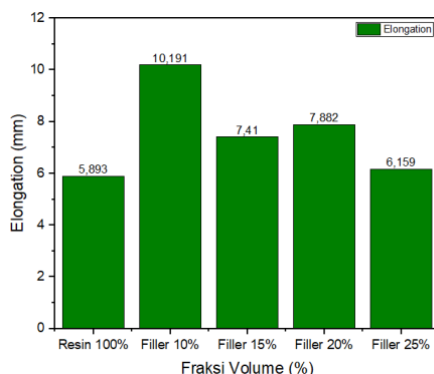


Gambar 14. Grafik UTM pada variasi fraksi volume filler 0%

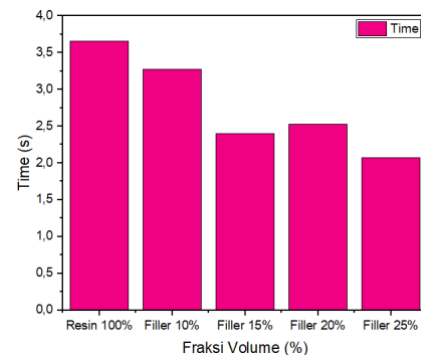
Berdasarkan Gambar 10 – Gambar 13, diketahui bahwa sampel dengan Fraksi volume 15% menunjukkan keseimbangan terbaik antara gaya puncak dan elongasi, memberikan kombinasi yang baik antara kekuatan dan fleksibilitas. Meskipun gaya puncak meningkat dengan penambahan serat hingga 20%, elongasi menurun secara signifikan, menunjukkan bahwa peningkatan proporsi serat tidak selalu meningkatkan performa secara keseluruhan.



Gambar 15. Grafik hubungan antara fraksi volume dan tensile stress



Gambar 16. Grafik hubungan antara fraksi volume dan elongation



Gambar 17. Grafik hubungan antara fraksi volume dan waktu

Pada Gambar 15 meningkatnya Tensile Strength pada Fraksi Volume Rendah: Penambahan filler dalam jumlah kecil (0-15%) dapat memperkuat material, hal ini kemungkinan karena filler memberikan struktur yang lebih rigid pada material. Dan menurunnya Tensile Strength pada Fraksi Volume Tinggi: Peningkatan Fraksi Volume filler melebihi 15% menyebabkan penurunan Tensile Strength. Ini dapat terjadi karena penumpukan filler dan ikatan yang terjadi antara matriks dan filler kurang kuat.

Kemudian pada Gambar 16 menunjukkan Elongasi tertinggi tercapai pada material dengan fraksi volume filler 10% (10,191 mm). sedangkan elongasi terendah tercapai pada material dengan fraksi volume filler 25% (6,159 mm). Seiring dengan meningkatnya fraksi volume filler, elongasi material cenderung menurun.

Dan pada Gambar 17 menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi volume filler, semakin pendek waktu yang dibutuhkan (untuk patah saat ditarik). Resin 100% memiliki waktu terlama, sementara Filler 25% memiliki waktu terpendek. Pola ini menunjukkan bahwa penambahan filler mempercepat proses yang sedang diukur.

Dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Fuazzidin, dkk (2023) yang menggunakan filler pelepah pisang kepok dengan variasi fraksi volume disetiap spesimennya adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% diketahui bahwa hasil uji tarik pada masing-masing sampel adalah 22,1 Mpa, 24,8 Mpa, 22,3 Mpa dan 33,3 Mpa. Uji kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen pengujian komposit dengan fraksi volume serat 15% dengan nilai sebesar 33,3 MPa. Ia

menyimpulkan bahwa semakin besar variasi fraksi volume serat maka semakin besar pula kekuatan tariknya.

Berdasarkan uraian diatas, diketahui bahwa dari hasil uji tarik yang telah dilakukan, variasi fraksi volume sebesar 15% menunjukkan kekuatan tarik yang paling besar karena distribusi serat dan ikatan yang lebih baik antara matriks dan filler. Kemudian sampel mengalami penurunan kuat tarik pada variasi fraksi volume 20% dan 25% karena kualitas ikatan antar serat dan matriks kurang baik. Hal tersebut dapat dilihat pada uji mikroskopik yang menunjukkan adanya aglomerasi serat dan kurangnya interaksi yang baik dengan resin.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa penambahan filler dalam range 10-15% dapat memperkuat material, sedangkan peningkatan fraksi volume filler melebihi 15% menyebabkan penurunan kekuatan tarik. Tensile stress tertinggi tercapai pada fraksi volume filler 15%, yaitu sebesar 11,9 MPa. Secara keseluruhan, hasil uji tarik menunjukkan bahwa penambahan serat pelepah pisang hingga 15% meningkatkan kekuatan tarik secara signifikan, tetapi penambahan lebih dari 15% justru menurunkan kekuatan material. Ini menegaskan pentingnya menemukan fraksi volume yang optimal untuk mencapai performa mekanik terbaik dalam komposit. Sedangkan hasil uji mikroskopik menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume serat hingga 15% memberikan efek positif pada struktur dan kekuatan komposit, sedangkan penambahan lebih dari 15% justru mengurangi kualitas ikatan dan kekuatan material.

REFERENSI

- Ali, M. Y. (2022). Analisis Kekuatan Uji Impak Komposit Serat Alam (Serat Batang Pisang). *TEKNOLOGI*, 23 (1), 35-38.
- Ariska, L. P. A., Sahlan, M. A., & Hikmah, U. (2023). Analisis Sifat Mekanis Komposit Matriks Polyester dengan Penguat Cangkang Kerang Hijau. *Jurnal Fisika*, 13(1), 20-28. <https://doi.org/10.15294/jf.v13i1.38835>
- Asroni, A., & Handono, S. D. (2018). Kaji eksperimen variasi jenis serat batang pisang untuk bahan komposit terhadap kekuatan mekanik. *J Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 7(2), 214-21. <http://dx.doi.org/10.24127/trb.v7i2.764>
- Fuazzidin, R., Anjani, R. D., & Naubnome, V. (2023). Pengaruh Fraksi Volume Komposit Serat Pelepah Pisang Kepok Dengan Polyester Dan Filler Terhadap Sifat Mekanik: Effect of Volume Fraction of Kepok Banana Leaf Fiber Composite with Polyester and Filler on Mechanical Properties. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 11(2), 223-237. <https://doi.org/10.23887/jptm.v11i2.66002>
- Hatami, A. A., Respati, S. M. B., & Dzulfikar, M. (2021). Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposit Matriks Resin Polyester Berpenguat Serat Batang Pisang Dengan Berbagai Variasi Tata Letak Susunan Serat. *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*, 1(1).
- Manihuruk, R., & Siagian, H. (2015). Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Bermatriks Poliester Tak Jenuh Dengan Filler Serat Batang Pisang. *Jurnal Einstein*, 3(02), 22-29.
- Nurdin, A., & Hastuti, S. (2019). Pengaruh Alkali dan Fraksi Volume terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat Akar Wangi-Epoxy. *Rotasi*, 21(1), 30-35. <https://doi.org/10.14710/rotasi.21.1.30-35>
- Ojahan, T., & Hansen, R. (2015). Analisis fraksi volume serat pelepah batang pisang bermatriks unsaturated resin polyester (UPR) terhadap kekuatan tarik dan SEM. *MECHANICAL*, 6(1), 43-48. <https://doi.org/10.23960/mech.v6i1.274>
- Paundra, F. (2022). Analisis Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Serat Batang Pisang Kepok dan Serat Pinang. *Nozzle: Journal Mechanical Engineering*, 11(1), 9-13. <https://doi.org/10.30591/nozzle.v11i1.3122>
- Ramesh, M., Palanikumar, K., & Reddy, K. H. (2017). Plant fibre based bio-composites: Sustainable and

renewable green materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 558-584.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.094>

Salman, S., & Fadly, A. (2019). Pengaruh Penambahan Serat Batang Pisang Ketip dan Filler Dedak Padi Terhadap Density, Kekuatan Bending dan Tarik Kompositcore, Sandwich dengan Skin Plywood. *Mechanical: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 10(1), 1-6. <https://doi.org/10.23960/mech.v10i1.1088>

Saputra, B. A., Sutrisno, S., & Sudarno, S. (2018, September). Pengaruh Fraksi Volume Serat Pelepah Pisang Sebagai Penguat Komposit Polimer Dengan Matriks Resin Polyester Terhadap Kekuatan Tarik Dan Daya Serap Air. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (pp. 561-566).

Sriwita, D. (2014). Pembuatan dan karakterisasi sifat mekanik bahan komposit serat daun nenas-polyester ditinjau dari fraksi massa dan orientasi serat. *Jurnal Fisika Unand*, 3(1), 30-36.

<https://doi.org/10.25077/jfu.3.1.%25p.2014>

Warsono, G. E. G., Sehonon, S., & Putra, I. R. (2022). Analisis Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Serat Pelepah Pisang. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(1), 167-174. <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i1.617>