

Karakteristik Gugus Fungsi dan Kekuatan Impak Material Komposit Berpenguat Serat Serbuk Daun Nanas

Iqbal tanjung^{1*}, Riadini Wanty Lubis², Irfan Nofri³, Affandi⁴,
Chandra A Siregar⁵ & A Marabdi Siregar⁶

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl Kpt Muchtar Basri No 3, Kota Medan, Sumatera Utara

*Email: iqbaltanjung@umsu.ac.id

ABSTRACT

The objective of this study is to investigate the impact strength and functional group characteristics, as identified through FTIR spectroscopy, of composite materials reinforced with pineapple leaf powder fibers that have undergone physical property enhancement via alkali treatment (NaOH). A series of processes were conducted to produce the pineapple leaf powder, starting with drying fresh pineapple leaves until they turned brown. The dried leaves were then cleaned and soaked in a 5% NaOH solution for durations of 1, 3, 5, 7, and 9 hours to modify their physical properties. After treatment, the leaves were rinsed thoroughly and oven-dried at 60°C for 5 hours. The dried leaves were subsequently ground and sieved using a 150-mesh screen. This study involved two main observations: functional group analysis using FTIR spectroscopy and mechanical performance evaluation through impact testing. A total of 30 composite specimens were prepared and fabricated using a stepwise lamination method, following the ASTM D256 impact testing standard. The results indicate that alkali treatment progressively degraded the hemicellulose and lignin content in the pineapple leaf fibers, significantly enhancing the impact energy absorption of the composite material. However, extended treatment durations adversely affected the fiber quality, leading to structural damage and reduced interfacial cohesion between the composite components.

Keywords: Pineapple leaf fiber, Alkali Treatment, Composite, Charpy Impact, and FTIR

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi modern sangat membutuhkan material dengan sifat mekanik tinggi. Untuk menjawab tantangan tersebut material komposit merupakan solusi terbaik. Material komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih penyusun dengan karakteristik berbeda. Hal ini menghasilkan sifat superior seperti kekuatan tinggi dan memiliki ketahanan korosi yang baik, tanpa menghilangkan sifat dari penyusunnya. Material komposit merupakan kombinasi dari material penguat (reinforcement) dan matriks [1]. Pada umumnya serat sintetis seperti serat kaca merupakan penguat yang paling banyak digunakan pada material komposit. Penggunaan serat sintetis ini secara luas sangat berdampak terhadap lingkungan karna sifat serat kaca yang sulit diurai oleh lingkungan [2], [3]. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut pengembangan material komposit berpenguat serat alam menjadi alternatif para peneliti. Pengembangan material komposit berpenguat serat alam telah banyak dieksplorasi dan berkembang luas diberbagai sektor seperti industri otomotif, peralatan olahraga, hingga komponen pesawat terbang. Material komposit berpenguat serat alam berhasil menawarkan karakteristik yang kompetitif dibandingkan dengan serat sintetis. Efisiensi terhadap biaya produksi, bobot ringan, sifat biodegradebel dan dapat diperbaharui secara berkelanjutan menjadi keunggulan utama [4], [5].

Tumbuhan nanas merupakan tanaman asli Indonesia yang sangat mudah ditemukan dan melimpah. Bagian daun dari tumbuhan nanas jarang dimanfaatkan dan dianggap limbah bagi para petani. Namun daun nanas ini memiliki kandungan yang berpotensi menggantikan penggunaan serat sintetis pada material komposit. Daun nanas kering memiliki persentase hemiselulosa sebesar 15-20% dan selulosa 60-70%. Selain itu memiliki kekuatan Tarik serta modulus elastisitas yang tinggi, densitas rendah yang membuatnya cocok untuk aplikasi material komposit ringan dan stabilitas termal yang cukup baik sehingga memungkinkan penggunaannya pada kondisi yang beragam [6]. Daun nanas tersedia secara luas namun kurang dimanfaatkan dan sering dianggap limbah. Daun nanas memiliki potensi besar menggantikan serat sintetis dalam material komposit

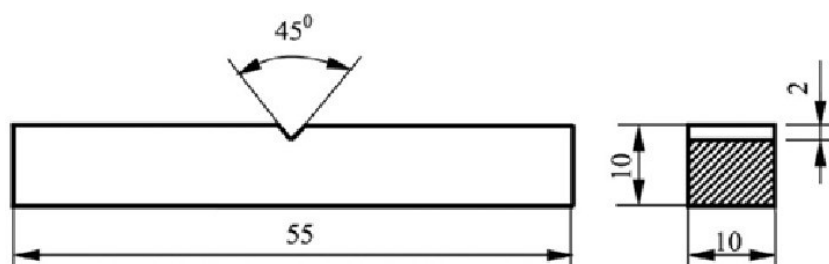
karna memiliki kandungan dan sifat mekanik yang baik. Beberapa penelitian material komposit berpenguat telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti diantaranya, Krishnan tahun 2018 [7] melakukan sebuah investigasi mengenai sifat mekanis, aplikasi, dan dampak penggunaan serat daun nanas pada komposit polimer terhadap lingkungan.

Serat daun nanas terbukti dapat meningkatkan sifat Tarik dan lentur dari material komposit yang membuatnya cocok untuk berbagai material untuk aplikasi industri. Kemudian, Daramola tahun 2017 [8] melakukan investigasi material komposit hybrid dari serat daun nanas dan serat hemp. Hasil investigasi mereka menunjukkan pencampuran serat daun nanas dalam material komposit dapat meningkatkan performa dengan efektif dan Safitri tahun 2018 [4] melakukan investigasi pengaruh perlakuan permukaan terhadap kekuatan tarik, termal, dan ikatan serat-matriks dari komposit yang diperkuat dengan sabut kelapa dan PALF. Studi ini memberikan informasi mengenai cara mengoptimalkan antarmuka antara serat dan matriks untuk meningkatkan performa material komposit. Namun, penelitian tentang serat daun nanas masih terbatas, khususnya ketika serat daun nanas dibentuk kedalam partikel kecil dan dicampurkan kepada material komposit.

Untuk menjawab keterbatasan ini perlu dilakukannya investigasi pada material komposit yang diperkuat dengan serat serbuk daun nanas. Berdasarkan latar belakang tersebut objektif dari penelitian ini adalah untuk melakukan investigasi terhadap gugus fungsi dan karakteristik Impak pada material komposit berpenguat serat serbuk daun nanas yang telah dilakukan perbaikan sifat fisik melalui perlakuan alkali (NaOH).

METODE PENELITIAN

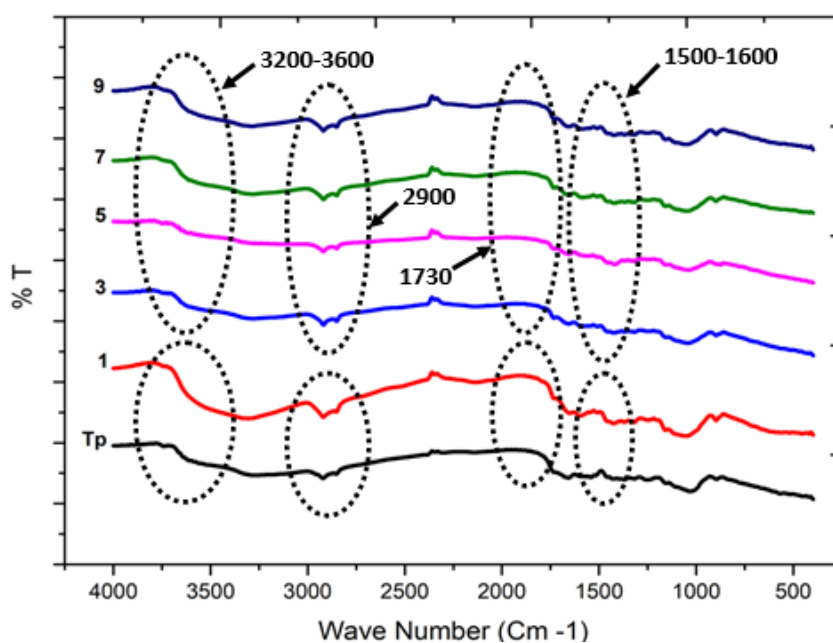
Pembuatan serat serbuk daun nanas diawali dengan menjemur daun nanas hingga kering pada sinar matahari. Daun nanas kering kemudian dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan kotoran pada permukaan daun nanas. Setelah Proses pembersihan selesai selanjutnya daun nanas kering dilakukan perbaikan sifat fisik menggunakan NaOH. Proses perbaikan sifat fisik dilakukan dengan variasi durasi perendaman selama 1, 3, 5, 7 dan 9 jam [12]-[15]. Daun nanas yang telah di rendan kemudian dibersihkan kembali dengan aquades dan asam asetat untuk memastikan kandungan NaOH telah bersih dari permukaan daun nanas dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu tetap 60 °C selama 5 jam. Langkah terakhir daun nanas kering kemudian dipotong menjadi bagian kecil dengan ukuran ± 3 mm dan digiling menggunakan mesin pencacah sehingga menjadi serbuk. Serbuk daun nanas kemudian disaring menggunakan ayakan dengan ukuran mesh 150 untuk memastikan serbuk memiliki ukuran yang merata. Pada penelitian ini serangkaian pengamatan dilakukan diantaranya adalah pengamatan gugus fungsi serbuk daun nanas melalui pengujian spectrum FTIR dan pengamatan kekuatan material komposit melalui pengujian impak. Proses pencetakan material impak komposit dilakukan dengan metode laminasi bertahap dengan persentase serat sebesar 60% dan resin sebesar 40 %. Resin epoxy dipilih sebagai penguat material komposit pada penelitian ini. Material uji impak yang digunakan pada penelitian ini merujuk kepada standar ASTM D256 [16]-[19]. Dimensi dan ukuran material uji ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Dimensi Material Impak ASTM D256

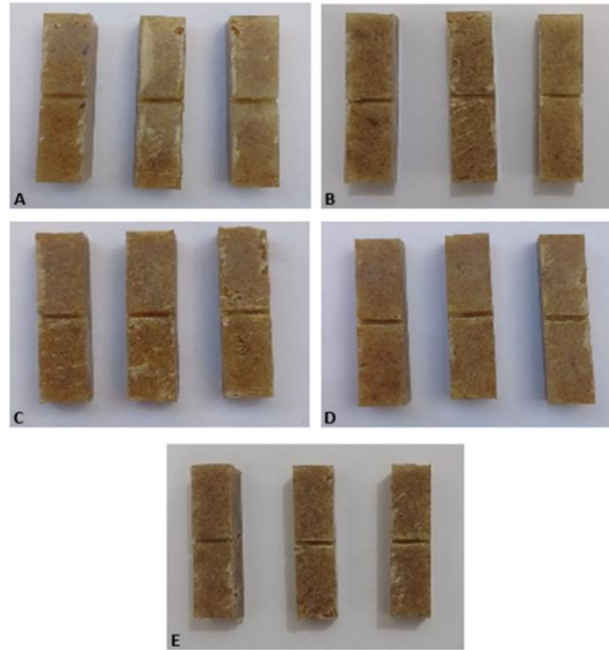
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Spektrum FTIR serat daun nanas menunjukkan puncak pertama terlihat disekitar pita 1500-1600 cm^{-1} , vibrasi regangan C=C yang berasal dari gugus Lignin (Biomassa Lignin selulosa). Penurunan puncak ini menunjukkan terjadi penghilangan lignin akibat proses delignifikasi perlakuan kimia NaOH. Puncak kedua terlihat pada puncak 1730 cm^{-1} , vibrasi regangan C=O yang berasal dari gugus Hemiselulosa (ester asetat) dan pektin (senyawa asam organik). Penurunan puncak signifikan terjadi pada sampel 1 sampai 9 jam dibandingkan sampel tanpa perlakuan kimia NaOH. Secara umum ini menggambarkan sebuah proses degradasi Hemiselulosa. Pada puncak sekitar 2900 cm^{-1} terjadi vibrasi regangan C-H yang merupakan bagian dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Fenomena ini mengindikasikan terjadi degradasi pada sebagian komponen. Selanjutnya, pada puncak pita 3200-3600 cm^{-1} menunjukkan gugus hidroksil terhadap selulosa dan hemiselulosa disebabkan oleh peregangan O-H dari C-OH. Karakter puncak lebar dan intens menunjukkan terjadi pengikatan hidrogen terhadap molekul. Hal ini mengindikasikan terjadi degradasi terhadap hemiselulosa akibat modifikasi kimia yang dilakukan pada serat [20]-[23]. Penurunan intensitas dapat terlihat jelas pada perlakuan kimia selama 9 jam. Spektur FTIR serat daun nanas ditunjukkan pada Gambar 2.

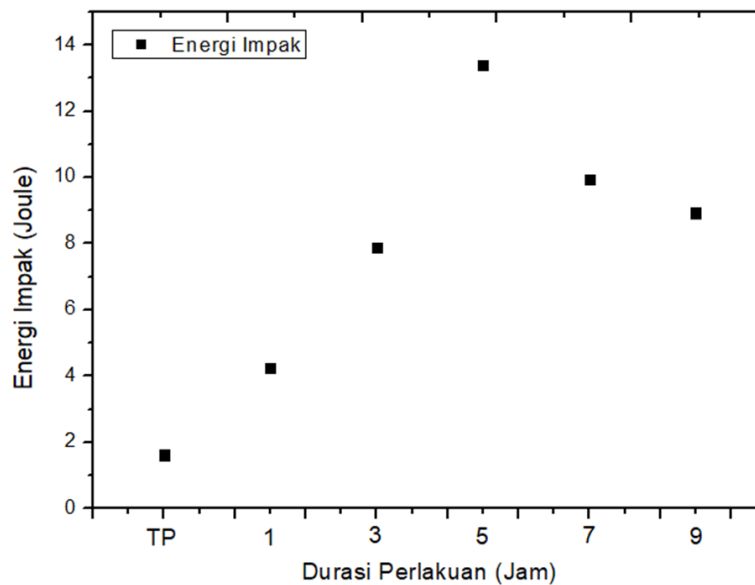


Gambar 2. Spektrum FTIR serat daun nanas

Sebanyak 30 material uji dipersiapkan dalam penelitian ini. Setiap variasi lama durasi perlakuan diwakili oleh 5 sampel. Hasil pencetakan sampel uji dapat dilihat pada Gambar 3. Pengujian impak pada penelitian ini bertujuan untuk mengamati kemampuan material komposit berpenguat serat serbuk daun nanas dalam menyerap energi impak. Pada penelitian ini pengujian impak menggunakan metode Charpy. Hasil pengujian menunjukkan energi impak pada material komposit berpenguat serat serbuk daun nanas mengalami peningkatan yang cukup signifikan setelah dilakukan perbaikan sifat fisik menggunakan NaOH. Perubahan signifikan ini dapat dilihat pada durasi perlakuan selama 5 jam. Material komposit mampu menyerap 13,41 joule berdasarkan hasil pengujian. Namun semakin lama durasi perlakuan ini juga mengakibatkan kerusakan struktur serat yang berdampak terhadap ikatan antar serat dan matriks [20]-[24]. Hal ini sejalan dengan hasil pengujian impak pada material komposit dengan perlakuan 7 dan 9 jam. Dimana material komposit hanya mampu menyerap energi impak sebesar 9,9 Joule (7 jam) dan 8,93 Joule (9 jam). Energi impak hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Materil Komposit Berpenguat serat Serbuk Daun Nanas



Gambar 4. Energi Impak Material Komposit Berpenguat Serat Serbuk Daun Nanas

KESIMPULAN

Pengamatan gugus fungsi dan kekuatan impak material komposit berpenguat serbuk daun nanas dengan perbaikan sifat fisik melalui proses alkali (NaOH) telah berhasil dilakukan. Berdasarkan hasil pengamatan spektrum FTIR proses progresif NaOH terhadap serat daun nanas berhasil menurunkan kandungan hemiselulosa dan lignin pada serat daun nanas. Hal ini dapat diamati melalui penurunan intensitas puncak utama pada spektrum FTIR diantaranya pita 1500-1600 cm^{-1} (C=C), 1730 cm^{-1} (C=O), 2900 cm^{-1} (C-H) dan 3200-3600 cm^{-1} (OH dari C-OH). Perbaikan sifat fisik ini juga berhasil meningkatkan kekuatan impak terhadap material komposit. degradasi kandungan pengotor pada serat daun nanas berhasil mengoptimalkan ikatan antar muka terhadap resin. Namun, lama durasi juga mempengaruhi kualitas dari serat serbuk daun nanas yang berakibat kerusakan dan menurunkan kosehif antar penyusun material komposit. hal ini dapat diamati dari hasil pengujian im

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan termikasih dan apresiasi kepada LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian masyarakat) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian ini didanai oleh program hibah internal umsu dengan nomor skema: 050/II.3- AU/UMSULP2M/C/2024

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. O. Bachi Al-Fahad, A. D. Hassan, B. M. Faisal, and H. K. Sharaf, "Identification Of Regularities In The Behavior Of A Glass Fiber-Reinforced Polyester Composite Of The Impact Test Based On Astm D256 Standard.," *Eastern- European J. Enterp. Technol.*, vol. 124, no. 7, 2023.
- [2] F. Ahmad, H. S. Choi, and M. K. Park, "A review: natural fiber composites selection in view of mechanical, light weight, and economic properties," *Macromol. Mater. Eng.*, vol. 300, no. 1, pp.10–24, 2015.
- [3] D. Gay, *Composite materials: design and applications*. CRC press, 2022.
- [4] S. Sutikno, B. Pramujati, S. D. Safitri, and A. Razitania, "Characteristics of natural fiber reinforced composite for brake pads material," in *AIP conference proceedings*, AIP Publishing, 2018.
- [5] F. L. Matthews and R. D. Rawlings, *Composite materials: engineering and science*. CRC press, 1999.
- [6] S. M. Sapuan, A. R. Mohamed, J. P. Siregar, and M. R. Ishak, "Pineapple leaf fibers and PALF- Reinforced polymer composites," *Cellul. fibers bio-and nano-polymer Compos. green Chem. Technol.*, pp. 325–343, 2011.
- [7] K. V. Krishna and K. Kanny, "The effect of treatment on kenaf fiber using green approach and their reinforced epoxy composites," *Compos. Part B Eng.*, vol. 104, pp. 111–117, 2016.
- [8] O. O. Daramola, A. D. Akinwekomi, A. A. Adediran, O. Akindote-White, and E. R. Sadiku, "Mechanical performance and water uptake behaviour of treated bamboo fibre-reinforced high- density polyethylene composites," *Heliyon*, vol. 5, no. 7, 2019.
- [9] A. K. Mohanty, M. and Misra, and G. I. Hinrichsen, "Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview," *Macromol. Mater. Eng.*, vol. 276, no. 1, pp. 1–24, 2000.
- [10] A. K. Sharma, R. Bhandari, C. Sharma, S. K. Dhakad, and C. Pinca-Bretotean, "Polymer matrix composites: A state of art review," *Mater. Today Proc.*, vol. 57, pp. 2330–2333, 2022.
- [11] R. F. Gibson, *Principles of composite material mechanics*. CRC press, 2016.
- [12] A. A. Premnath, "Mechanical and physical properties of pineapple leaf and sun hemp fibre reinforced hybrid natural composite fabricated by compression moulding method," *J. Bionic Eng.*, vol. 19, no. 1, pp. 257–267, 2022.
- [13] R. Siakeng, M. Jawaid, H. Ariffin, and M. S. Salit, "Effects of surface treatments on tensile, thermal and fibre-matrix bond strength of coir and pineapple leaf fibres with poly lactic acid," *J. Bionic Eng.*, vol. 15, pp. 1035–1046, 2018.
- [14] M. Y. Hashim, A. M. Amin, O. M. F. Marwah, M. H. Othman, M. R. M. Yunus, and N. C. Huat, "The effect of alkali treatment under various conditions on physical properties of kenaf fiber," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2017, p. 12030.
- [15] M. R. Sanjay, P. Madhu, M. Jawaid, P. Sentharamaikkannan, S. Senthil, and S. Pradeep, "Characterization and properties of natural fiber polymer composites: A comprehensive review," *J. Clean. Prod.*, vol. 172, pp. 566–581, 2018.
- [16] A. K. M. M. Alam, M. D. H. Beg, D. M. R. Prasad, M. R. Khan, and M. F. Mina, "Structures and performances of simultaneous ultrasound and alkali treated oil palm empty fruit bunch fiber reinforced poly (lactic acid) composites," *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 43, no. 11, pp. 1921–1929, 2012.
- [17] G. L. E. Prasad, B. S. K. Gowda, and R. Velmurugan, "Comparative study of impact

- strength characteristics of treated and untreated sisal polyester composites,” *Procedia Eng.*, vol. 173, pp. 778–785, 2017.
- [18] I. Tanjung, “Analisis Morfologi Serat Dan Kekuatan Impak Bahan Komposit Berpenguat Serat Pinang (Areca Catechu) Yang Telah Dilakukan Perbaikan Sifat Fisik,” *VOCATECH Vocat. Educ. Technol. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [19] A. C. Pereira, S. N. Monteiro, F. S. de Assis, F. M. Margem, F. S. da Luz, and F. de Oliveira Braga, “Charpy impact tenacity of epoxy matrix composites reinforced with aligned jute fibers,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 6, no. 4, pp. 312–316, 2017.
- [20] T. Kanakubo, “Tensile characteristics evaluation method for ductile fiber-reinforced cementitious composites,” *J. Adv. Concr. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 3–17, 2006.
- [21] I. Munandar and S. Savetlana, “Kekuatan Tarik Serat Ijuk (Arenga Pinnata Merr),” *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 3, 2013.
- [22] M. Muhajir, M. A. Mizar, and D. A. Sudjimat, “Analisis kekuatan tarik bahan komposit matriks resin berpenguat serat alam dengan berbagai varian tata letak,” *J. Tek. Mesin*, vol. 24, no. 2, 2017.
- [23] K. Roziqin, H. Yudo, and A. W. B. Santosa, “Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Asiwung Raja (Typha Angustipholia) Sebagai Alternatif Bahan Komposit Untuk Komponen Kapal Ditinjau dari Kekuatan Tekuk dan Impak,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, 2017.
- [24] S. Rizal, D. A. Gopakumar, S. Thalib, S. Huzni, and H. P. S. Abdul Khalil, “Interfacial compatibility evaluation on the fiber treatment in the Typha fiber reinforced epoxy composites and their effect on the chemical and mechanical properties,” *Polymers (Basel)*, vol. 10, no. 12, p. 1316, 2018