

Analisis Stabilitas Termal Dan Kekuatan Tarik Komposit Serat Menggunakan *Unsaturated Polyester Resin* Berpenguat Serat Ampas Tebu, Serat Daun Nanas, Dan Serat Pelelepah Pisang

Hatami Rozaki Yudha¹, Zainal Abadi², Andril Arafat³, Rifelino⁴

¹²³⁴Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Padang
Email: yudhahatamirozaki@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini mengkaji stabilitas termal dan kekuatan tarik komposit hybrid yang menggunakan serat ampas tebu, daun nanas, dan pelepah pisang dengan matriks unsaturated polyester resin. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi karakteristik mekanik dan termal material komposit sebagai alternatif ramah lingkungan pada komponen otomotif. Metode penelitian melibatkan proses *hand lay-up* dengan variasi fraksi volume serat (20%, 30%, 40%), dilanjutkan dengan uji tarik dan uji TGA sesuai standar ASTM D638 dan ASTM E1131-20. Hasilnya menunjukkan bahwa fraksi serat 40% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi (24,78 MPa), sedangkan fraksi serat 30% mencapai stabilitas termal optimal pada suhu 435,9°C. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa komposit hybrid tersebut dapat diaplikasikan sebagai bahan cover knalpot motor karena memenuhi persyaratan mekanik dan termal, sehingga berpotensi menggantikan bahan sintesis yang kurang ramah lingkungan.

Kata kunci: *Komposit Hybrid, Serat Alam, Stabilitas Termal, Kekuatan Tarik, Cover Knalpot*

Abstract

This study examines the thermal stability and tensile strength of hybrid composites using bagasse, pineapple leaf, and banana leaf fibers with unsaturated polyester resin matrix. The aim is to evaluate the mechanical and thermal characteristics of composite materials as an environmentally friendly alternative in automotive components. The research method involved a *hand lay-up* process with variations in fiber volume fraction (20%, 30%, 40%), followed by tensile tests and TGA tests according to ASTM D638 and ASTM E1131-20 standards. The results showed that the 40% fiber fraction produced the highest tensile strength (24.78 MPa), while the 30% fiber fraction achieved optimal thermal stability at 435.9°C. The implication of this research shows that the hybrid composite can be applied as a motorcycle exhaust cover material

because it meets the mechanical and thermal requirements, thus potentially replacing synthetic materials that are less environmentally friendly.

Keywords: *hybrid composite, natural fiber, thermal stability, tensile strength, exhaust cover.*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan gaya hidup manusia membuat konsumsi di sektor industri otomotif ikut meningkat, terutama pada kendaraan bermotor. Karena kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam industri otomotif yang begitu pesat menuntut terobosan baru dalam menciptakan material maju seperti komposit serat alam. Material komposit berpenguat serat alam merupakan material yang ramah lingkungan, karena serat alam diambil dari alam langsung dan bukan buatan campur tangan ataupun rekayasa manusia.

Komposit menjadi salah satu material yang dapat digunakan sebagai alternatif. Saat ini kemajuan teknologi komposit tidak hanya focus pada serat sintesis, tetapi juga mulai memperhatikan memperhatikan komposit serat alam/*Nature Composite* (NACO). Serat alam mempunyai banyak kelebihan seperti sifat mekanik yang cukup kuat, tahan terhadap korosi, mampu mengisolasi panas dan suara. Tidak hanya itu serat alam memiliki sifat ramah lingkungan karena dapat terbarukan dan dapat diuraikan secara alami. Contoh tumbuhan yang berpotensi menjadi serat adalah tumbuhan tebu, daun nanas, dan pelepah pisang.

Serat ampas tebu (*baggase*) merupakan hasil residu pada peroses pemerasan tumbuhan tebu (*saccharum officinarum*) saat diambil air sarinya sehingga mendapatkan produk limbah berserat. Penggunaan serat ampas tebu selama ini hanya untuk bahan bakar pengganti kayu, pakan ternak, pupuk, serta dibiarkan saja sehingga dapat mencemari lingkungan. Adapun struktur pembentuk serat ampas tebu terdiri dari *Cellulosa, Hemicellulosa, Pentosans dan Lignin* (Hermawan & Sidartawan, 2016). Tingginya produksi pisang berbanding lurus dengan limbah yang dihasilkan, terutama dari pelepah pisang yang belum dimanfaatkan secara optimal. Setiap pohon pisang rata-rata menghasilkan 2-3 pelepah yang umumnya hanya dibiarkan membusuk atau dibakar, menimbulkan permasalahan lingkungan yang perlu diatasi. Serat pelepah pisang ini mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Serat daun nanas (pineapple-

leaf fibres) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (vegetable fibre) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu Ananas Cosmosus, (termasuk dalam family Bromeliaceae), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim yang. Ampas tebu, daun nanas, dan pelepah pisang ini dapat diolah menjadi serat yang selanjtnya dikombinasikan dengan resin untuk menghasilkan komposit hybrid yang mempunyai daya saing, murah, dan mudah diproduksi

Dari penjelasan diatas upaya untuk mendapatkan material komposit diharapkan dapat terwujud dengan melakukan kajian penelitian. Serat ampas tebu, sarat nanas,

dan serat pelepah pisang dipilih sebagai penguat pada material komposit hybrid ini karena merupakan jenis tanaman yang belum dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat, dalam penelitian ini mengidentifikasi tentang stabilitas termal dan kekuatan tarik komposit berpenguat serat ampas tebu (*saccharum officinarum*), serat nanas (*Ananas comusus L. Merr.*), dan serat pelepah pisang. Dalam penelitian ini material komposit berpenguat serat ampas tebu, serat daun nanas, dan serat pelepah pisang ini bisa sebagai material alternatif yang memiliki stabilitas termal dan kekuatan yang baik. Adapun rencana aplikasi dari penelitian ini akan diterapkan pada komponen yang bersinggungan langsung dengan termal serta harus memiliki sifat mekanik yang baik yaitu cover knalpot.

METODE

Metode penelitian dalam artikel ini dilaksanakan pada Juni hingga Desember 2024 di Laboratorium Manufaktur, Metalurgi, dan Metrologi Universitas Negeri Padang serta Laboratorium Kimia di universitas yang sama. Alat-alat yang digunakan meliputi kaca untuk cetakan, timbangan digital, gelas plastik dan sendok, penggaris, busur, gergaji, mesin gerinda, mesin uji Thermogravimetri Analysis (TGA), dan Universal Testing Machine untuk uji tarik. Penelitian ini menggunakan bahan serat ampas tebu, serat daun nanas, serat pelepah pisang, resin Yukalac 157 BQTN, katalis MEKPO, natrium hidoksida (NaOH) untuk menghilangkan lignin, serta aquadest sebagai pelarut. Persiapan bahan melibatkan pembersihan serat-serat tersebut dari lignin melalui perendaman dalam larutan NaOH, kemudian dikeringkan. Pembuatan komposit menggunakan teknik *hand lay-up* dengan berbagai konsentrasi serat (20%, 30%, dan 40%) terhadap volume komposit. Pengujian dilakukan melalui uji tarik dan uji TGA. Pengujian tarik mengukur tegangan dan regangan sesuai standar ASTM D638, sedangkan uji TGA menilai stabilitas termal komposit dengan memanaskan sampel dari suhu 25°C hingga 600°C. Data dari pengujian ini dianalisis untuk mengevaluasi sifat mekanik dan termal komposit, serta menentukan komposisi optimal untuk aplikasi material komposit yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian ini mengungkapkan pengaruh komposisi pada komposit juga menunjukkan peningkatan pada kekuatan dan stabilitas termal komposit. Hal ini diperkuat oleh (Paundra dkk, 2022) mengungkapkan bahwa kekuatan dan kekakuan dari komposit dipengaruhi oleh jumlah dari pemuatan serat pada komposit, dan (Shandy dkk, 2024) mengungkapkan stabilitas termal yang stabil pada komposit juga dipengaruhi oleh jumlah pemuatan serat pada komposit. Pemuatan serat dengan volume 40% pada komposit menunjukkan kekuatan yang tarik yang tinggi dibanding fraksi volume lainnya dengan nilai kekuatan tarik sebesar 24,78 MPa. Hal ini mengungkapkan bahwa pemuatan serat yang banyak mengakibatkan peningkatan kekuatan tarik suatu material komposit yang didukung oleh penelitian (Kamath et al.,

2021). Komposit dengan fraksi volume 30% menunjukkan nilai kekutan yang lebih rendah dibandingkan dengan fraksi volume lainnya.

Pemuatan serat dengan volume 30% pada komposit juga menunjukkan stabilitas termal yang baik dibandingkan fraksi volume lainnya dengan nilai stabilitas termal sebesar 435,9 °C. Hal ini juga mengungkapkan bahwa pemuatan serat yang banyak mengakibatkan peningkatan nilai stabilitas termal suatu material yang didukung oleh penelitian (Shandy dkk, 2024).

Aplikasi Hasil Penelitian

Aplikasi dari penelitian ini akan diterapkan pada komponen yang bersinggungan langsung dengan termal dan memiliki kekuatan yang baik yaitu cover knalpot motor. Sepeda motor menghasilkan energi panas berdasarkan energi yang digunakan dalam pembakaran, yang dirasakan pada peralatan pembuangan udara. Knalpot standar memiliki temperature maksimal 216,9°C (Nasir dkk, 2023). Ini artinya komposit yang dihasilkan harus stabil terhadap termal hingga suhu 216,9°C.

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, komposit hybrid serat ampas tebu, serat daun nanas, dan serat pelepah pisang dengan komposisi 40% memiliki nilai stabilitas termal 326,56 °C, itu artinya komposit tersebut tidak mengalami dekomposisi hingga temperatu 326,56°C. Sehingga komposit alam ini aman dari segi dekomposisi saat diberikan termal dibawah 326,56°C dan komposit serat dengan komposisi 40% juga memiliki kekuatan tarik yang sangat tinggi dibandingkan komposisi lainnya yaitu sebesar 24,78 MPa berarti komposit ini dapat diaplikasikan pada komponen yang bersinggungan langsung dengan termal dan memiliki kekuatan yang baik yaitu cover knalpot motor.

SIMPULAN

Setelah melakukan pengujian terhadap spesimen, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu: Pada pengujian tarik komposit hybrid menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit hybrid mengalami peningkatan seiring dengan penambahan fraksi serat hingga batas tertentu. Nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposisi 40% serat dengan nilai rata-rata 24,78 MPa, sedangkan nilai rata-rata terendah terdapat pada komposisi 30% serat dengan nilai rata-rata 17,56 MPa. Untuk regangan tarik, nilai tertinggi terjadi pada fraksi serat 30% sebesar 2,71%, sementara nilai terendah terjadi pada fraksi 20% sebesar 2,57%. Modulus elastisitas tertinggi dicapai pada komposisi serat 40%, menunjukkan tingkat kekakuan material yang optimal. Pada pengujian termal (TGA), ditemukan bahwa stabilitas termal komposit dipengaruhi oleh komposisi serat. Komposit dengan komposisi 30% serat menunjukkan stabilitas termal terbaik dengan suhu awal dekomposisi (Tonset) mencapai 435,90°C. Semakin tinggi komposisi serat, semakin tinggi pula persentase residu yang dihasilkan, dengan nilai tertinggi 7,13% pada komposisi 40% serat. Berdasarkan karakteristik mekanik dan termal yang diperoleh, komposit hybrid dengan komposisi 40% serat memiliki potensi untuk diaplikasikan sebagai material cover knalpot motor. Hal ini didukung oleh nilai kekuatan tarik yang tinggi (24,78 MPa) dan stabilitas termal yang baik (Tonset 326,56°C), yang masih memenuhi kebutuhan suhu kerja knalpot motor yang dapat

mencapai 216,9°C. Dengan suhu awal dekomposisi yang lebih tinggi dari suhu kerja maksimal knalpot, material ini dapat menjadi alternatif yang layak untuk aplikasi cover knalpot.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfazar, M. V. (2020). TA: Analisa Komposit Polypropylene High Impact (PPHI) Berpenguat Serat Alam (Nanas) Dengan Fraksi Volume 15% Menggunakan Metode Hand Lay-Up (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung).
- Ardiyanto, muhammad galih. (2019). Analisis Kekuatan Tarik Dan Impak Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu Dengan Matriks Epoxy. Universitas Tidar.
- Kamath, S. S., Punith, D. N., Preetham, S., Gautham, S. N., Janardhan, Yashwanth, K. L., & Bennehalli, B. (2021). Tensile and flexural behaviour of areca husk fibre reinforced epoxy composite. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 35–43.
https://doi.org/10.1007/978-981-15-5151-2_4
- Margono, B., Haikal, H., & Widodo, L. (2020). Analisis Sifat Mekanik Material Komposit Plastik Hdpe Berpenguat Serat Ampas Tebu Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Dan Bending. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6(2), 55-61.
- Nasir, M., Syaida, Y., Rifdarmon, R., & Wagino, W. (2023). Perbandingan Jenis Knalpot Standar Dengan Knalpot Racing Terhadap Back pressure, Temperature, Dan Suara Pada Sepeda Motor 4 Tak. *JTPVI: Jurnal Teknologi dan Pendidikan Vokasi Indonesia*, 1(1), 27-36.
- Putra, F. U., Paundra, F., Muhyi, A., Hakim, F., Triawan, L., & Aziz, A. (2023). Pengaruh Variasi Tekanan Dan Fraksi Volume Pada *Hybrid Composite* Serat Sabut Kelapa Dan Serat Bambu Bermatriks Resin Polyester Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending (Vol. 6, Issue 1).
- Saidah, A., Susilowati, S. E., & Nofendri, Y. (2018). Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Jerami Padi Epoxy Dan Serat Jerami Padi Resin YUKALAC 157. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 5(2), 96–
101. <https://doi.org/10.21009/jkem.5.2.7>
- Schutle, Karl & Lacroix, F.V. (2014). Comprehensive Composite Material: Polymer Matrix Composites. *Jurnal Technical University Hamburg*, 2(7):231-248.
Serat Tebu – Polyester. 33–37.
- Setiawan, F., & Ardianto, H. (2018). Karakteristik Sifat Mekanis Kekuatan Tarik Komposit Nano Partikel Daur Ulang Pet Dengan Limbah Abu Bagase Boiler. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 5(2), 30-4
- Shandy, I. K., Wahyudi, N., & Faizin, K. N. (2024). Analisis Stabilitas Termal Komposit Serat Ampas Tebu Matriks Polyester Dengan Pengujian Thermogravimetric Analysis. *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 9(1), 9-11.
- Smallman, R. E., & Bishop, R. J. (2000). Mod Phys Metall Mater Eng. *Hill International Book Company: NewYork*.

- Sutrisno. (2021). Pengaruh Komposisi Serat Wlingi (Mansaiang) Terhadap Sifat Kekuatan Tarik. *JURNAL PILAR TEKNOLOGI Jurnal Ilmiah Ilmu Ilmu Teknik*, 6(1), 42–47. <https://doi.org/10.33319/PILTEK.V6I1.71>
- Udupi, S. R., & Lester Raj Rodrigues, L. (2016). Detecting safety zone drill process parameters for uncoated HSS twist drill in machining GFRP composites by integrating wear rate and wear transition mapping. *Indian Journal of Materials Science*, 2016(1), 9380583.
- Yudhanto, F., Sudarisman, S., & Ridlwan, M. (2016). Karakterisasi kekuatan tarik komposit hybrid lamina serat anyam sisal dan gelas diperkuat polyester. *Semesta Teknika*, 19(1), 48-54.