

Analisis Sifat Mekanik dan Sifat Termal Komposit Serat Sabut Kelapa Sebagai Alternatif Material Protektor Muffler

Muhammad Farhan Farera¹, Jagodang Harahap^{*2}, Jupriadi³, Syahrul Fathi⁴ Iqbal Tanjung⁵

^{1,2}Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Politeknik Negeri Lhokseumawe

³Program Studi Teknologi Industri, Politeknik Negeri Lhokseumawe

⁴Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar

⁵Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

e-mail: ^{*2}jagodang@pnl.ac.id

Pemanfaatan limbah sabut kelapa sebagai bahan penguat komposit ramah lingkungan terus berkembang seiring meningkatnya kebutuhan material dengan sifat mekanik dan termal yang baik. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja komposit berbasis resin epoxy yang diperkuat serat sabut kelapa untuk potensi aplikasi protektor muffler kendaraan. Variasi fraksi volume serat yang digunakan adalah 15%, 25%, dan 35%. Metode pengujian meliputi uji impak untuk mengetahui kemampuan material dalam menyerap energi benturan serta uji termal menggunakan Differential Scanning Calorimetry (DSC). Hasil uji impak menunjukkan peningkatan energi serap seiring bertambahnya fraksi serat, yaitu 6,07 Joule pada 15%, 7,03 Joule pada 25%, dan 10,00 Joule pada 35%. Nilai impak yang diperoleh masing-masing sebesar 0,056 J/mm², 0,071 J/mm², dan 0,098 J/mm², dengan performa terbaik pada 35%. Hal ini menegaskan peran serat dalam memperkuat matriks melalui mekanisme penyerapan energi dan penghambatan perambatan retak. Hasil uji DSC memperlihatkan dua transisi utama, yakni transisi gelas (T_g) pada rentang 66–82 °C serta suhu leleh (T_m) pada kisaran 166–188 °C. Tingginya nilai entalpi pada transisi kedua mengindikasikan adanya ikatan antarmuka yang kuat antara serat dan matriks, sehingga komposit memiliki kestabilan termal yang baik. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa penambahan serat sabut kelapa hingga 35% mampu meningkatkan ketangguhan mekanik dan stabilitas termal, serta berpotensi diaplikasikan sebagai material protektif pada komponen otomotif

Kata kunci— Sabut Kelapa, Komposit Epoxy, Fraksi Serat, Uji Impak, Sifat Termal, DSC.

Abstract

The utilization of coconut coir fiber as an eco-friendly composite reinforcement has gained attention due to its abundance and promising mechanical and thermal properties. This study aims to evaluate the performance of epoxy resin-based composites reinforced with coconut coir fiber for potential application as vehicle muffler protectors. Fiber volume fractions of 15%, 25%, and 35% were employed. The characterization methods consisted of impact testing to determine energy absorption and Differential Scanning Calorimetry (DSC) to assess thermal behavior. The impact test results revealed that the absorbed energy increased with fiber content, recorded at 6.07 J for 15%, 7.03 J for 25%, and 10.00 J for 35%. The corresponding impact strength values were 0.056 J/mm², 0.071 J/mm², and 0.098 J/mm², with the highest performance at 35%. These findings indicate that coconut coir fibers effectively enhance composite toughness by dissipating impact energy and hindering crack propagation. DSC analysis showed two characteristic transitions: a glass transition (T_g) occurring in the range of 66–82 °C and a melting transition (T_m) within 166–188 °C. The relatively high enthalpy observed during the second transition suggests strong interfacial bonding between the fibers and the epoxy matrix, which contributes to good thermal stability. Overall, the study confirms that increasing fiber

content up to 35% significantly improves both mechanical toughness and thermal resistance. Thus, coconut coir fiber-reinforced epoxy composites demonstrate potential as protective materials in automotive components.

Keywords— *Coconut Coir Fiber, Epoxy Composite, Fiber Fraction, Impact Strength, Thermal Properties, DSC.*

1. PENDAHULUAN

Serat sabut kelapa (cocofiber) adalah salah satu serat alami yang banyak tersedia di Indonesia dan berpotensi tinggi sebagai penguat dalam material komposit. Penggunaannya tidak hanya meningkatkan nilai ekonomis limbah pertanian, tetapi juga menyediakan alternatif material yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan[1]. Selain itu, cocofiber memiliki sifat mekanik yang baik, tahan terhadap kelembaban, serta mudah diperoleh dengan biaya relatif rendah. Potensi aplikasinya sangat luas, mulai dari industri otomotif, konstruksi, furnitur, hingga kerajinan tangan. Dengan pengolahan yang tepat, cocofiber dapat menjadi solusi inovatif untuk mendukung perkembangan material hijau sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap serat sintetis berbasis petroleum[2], [3]



Gambar 1. Serat Sabut Kelapa.

Protector muffler merupakan komponen penting dalam sistem knalpot kendaraan yang berfungsi melindungi muffler dari kerusakan fisik dan panas berlebih. Material yang digunakan untuk protector muffler harus memiliki ketahanan termal dan mekaniknya tinggi. Penggunaan komposit berbasis serat sabut kelapa sebagai material protector muffler diharapkan dapat memenuhi kriteria tersebut sekaligus mengurangi ketergantungan material yang kurang ramah lingkungan [4], [5]



Gambar 2. Protector Muffler

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa perlakuan alkali pada serat sabut kelapa dapat meningkatkan sifat mekaniknya. Perendaman serat sabut kelapa dalam larutan NaOH

dapat membersihkan kotoran dan meningkatkan ikatan kekuatan antara serat dan matriks, sehingga meningkatkan kekuatan komposit yang dihasilkan.[6]. Selain itu, kombinasi serat sabut kelapa dengan matriks resin telah terbukti menghasilkan komposit dengan sifat mekanik yang baik seperti uji impak dan ketahanan terhadap benturan. Dalam dunia rekayasa material, serat sabut kelapa telah dikaji dan diaplikasikan sebagai penguat (*reinforcement*) dalam material komposit, menggantikan peran serat sintetis seperti fiberglass yang lebih mahal, sulit terurai, dan kurang ramah lingkungan. Salah satu studi yang menonjol adalah oleh [7] yang mengevaluasi efek hibridisasi antara serat jute dan sisal dalam matriks epoksi. DSC digunakan untuk mengukur perubahan T_g , di mana komposit hibrida (50% jute + 50% sisal) menunjukkan peningkatan T_g hingga 73,86 °C, dibandingkan dengan matriks murni sebesar 65,16 °C.

Hasil ini menandakan bahwa hibridisasi serat alami dapat meningkatkan stabilitas termal material. Studi lain yang relevan meneliti komposit berbasis sisal, ramie, dan curauá. Analisis DSC menunjukkan dua kejadian termal utama: endotermik (dehidrasi) dari suhu kamar hingga sekitar 140 °C, dan eksotermik (dekomposisi selulosa/lignin dan matriks) mendekati ~365 °C. Hibridisasi antara sisal dengan ramie atau curauá hanya memengaruhi puncak endotermik sedikit saja dan tidak signifikan dalam meningkatkan stabilitas termal[8]. Dengan mempertimbangkan potensi serat sabut kelapa sebagai bahan penguat komposit dan kebutuhan akan material protektor muffler yang ramah lingkungan dan kinerja tinggi, penelitian ini bertujuan mengkaji pemanfaatan serat sabut kelapa dalam pembuatan panel komposit untuk protektor muffler. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan alternatif material yang lebih berkelanjutan dan ekonomis dalam industri otomotif [8], [9]

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pengolahan Serat Sabut Kelapa

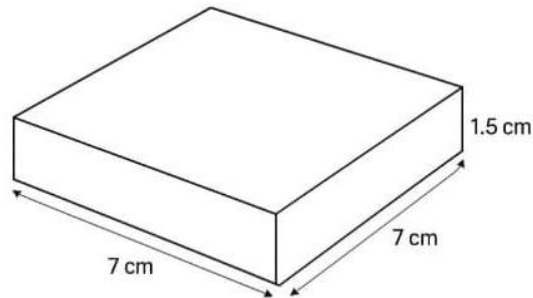
Dalam proses pembuatan material komposit serat sabut kelapa, ada beberapa proses dari pemilihan buah kelapa yang sudah tua hingga akhir, berikut adalah beberapa proses pembuatan komposit serat sabut kelapa.



Gambar 3. Pengolahan Serat Sabut Kelapa

2.2. Pembuatan Cetakan Spesimen

Proses pembuatan cetakan spesimen dilakukan dengan menyiapkan cetakan berukuran panjang 7 cm, lebar 7 cm, dan tinggi 1,5 cm. Cetakan ini dibuat menggunakan bahan kaca karena material kaca memiliki permukaan yang halus, rata, serta cukup kuat untuk menahan tekanan saat proses pencetakan berlangsung[10]. Selain itu, penggunaan kaca juga memudahkan pembentukan spesimen dengan dimensi yang seragam dan presisi.



Gambar 4. Cetakan spesimen

2.3. Langkah-Langkah Pembuatan Komposit

Tahapan pembuatan komposit polimer berbasis serat sabut kelapa dilakukan melalui beberapa langkah utama, yaitu:

- 2.3.1. Persiapan bahan baku, yang terdiri dari serat sabut kelapa sebagai penguat (reinforcement) dan resin epoxy sebagai matriks.
- 2.3.2. Proses fabrikasi komposit, dilakukan dengan menggunakan tiga variasi fraksi volume serat sabut kelapa, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Fraksi volume

Fraksi volume	
Serat Sabut Kelapa	Epoxy
15%	85%
25%	75%
35%	65%

- 2.3.3. Membersihkan cetakan dari debu, lapisi menggunakan *mirror glaze* agar tidak material tidak melekat pada cetakan.
- 2.3.4. Meletakkan serat sabut kelapa, kemudian tuangkan resin *epoxy* kedalam wadah kemudian di aduk merata.
- 2.3.5. Meratakan resin *epoxy* dengan rol atau ditekan-tekan agar gelumbung udara yang terperangkap dapat keluar dari cetakan.
- 2.3.6. Setelah proses pencetakan komposit resin *epoxy* dengan serat sabut kelapa, ditunggu sampai benar-benar kering pada suhu ruangan.

2.4. Langkah-Langkah Pengujian

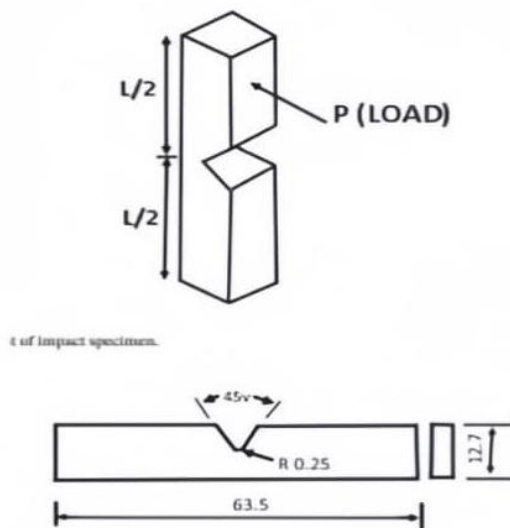
Pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini meliputi uji impak serta uji termal menggunakan metode Differential Scanning Calorimetry (DSC). Uji impak bertujuan untuk mengevaluasi ketangguhan material dari aspek mekanik, yaitu kemampuan material dalam menyerap energi ketika menerima beban benturan mendadak. Sementara itu, uji DSC difokuskan pada analisis sifat termal material, mencakup stabilitas termal, titik transisi, serta perilaku material terhadap perubahan suhu. [11], [12], [13] Dengan mengombinasikan kedua jenis pengujian tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kekuatan mekanik sekaligus ketahanan termal material, sehingga dapat dinilai kelayakannya untuk diaplikasikan pada kondisi nyata.

2.5. Pembuatan Spesimen Uji Impak

Tahapan proses pembentukan spesimen untuk dilakukan pengujian impak pada komposit serat sabut kelapa adalah sebagai berikut :

2.5.1. Mempersiapkan material komposit untuk proses pemotongan spesimen.

2.5.2. Pembuatan inti atau model benda kerja merupakan langkah awal dalam pembuatan suatu produk. Dimana untuk penelitian kali ini dibuat spesimen uji impak. Bentuk spesimen uji impak dapat dilihat seperti pada Gambar 5 di bawah ini, dimana gambar tersebut mengacu pada *standard* ASTM D256[14]



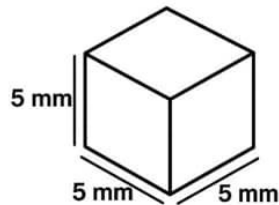
Gambar 5. Ukuran spesimen uji impak

2.6. Pembuatan Spesimen Uji Termal

Tahapan proses pembuatan spesimen untuk dilakukan pengujian termal pada komposit serat sabut kelapa adalah sebagai berikut:

2.6.1. Mempersiapkan material komposit untuk proses pemotongan spesimen.

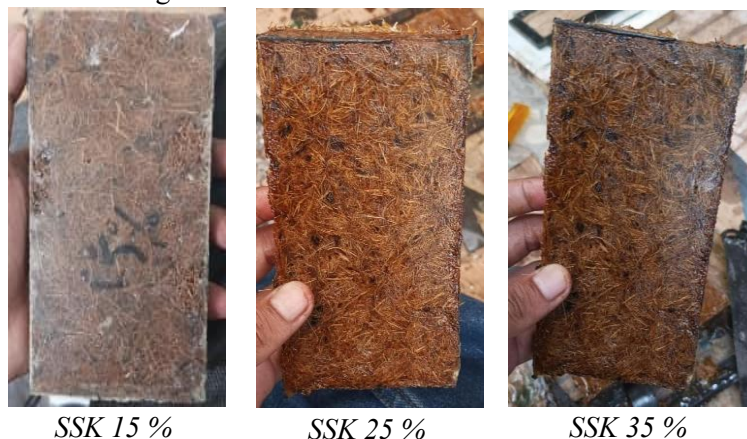
2.6.2. Pembuatan inti atau model benda kerja merupakan langkah awal dalam pembuatan suatu produk. Dimana untuk penelitian kali ini dibuat spesimen uji termal . Bentuk spesimen uji termal dengan standar ASTM D3418 dapat dilihat seperti pada Gambar 6 di bawah ini[15].



Gambar 6. Ukuran spesimen uji termal

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesimen komposit serat sabut kelapa yang telah dibuat berdasarkan fraksi volume serat sabut kelapa 15%, 25%, dan 35%. Kemudian spesimen komposit akan dilakukan pengujian impact dan termal. Spesimen uji impact dengan kode A sampai C dan termal dengan kode D serta SSK sebagai kode serat sabut kelapa. Gambar 7 di bawah ini menunjukkan hasil bentuk spesimen yang sudah dikeringkan



Gambar 7. Spesimen yang Sudah Kering



Gambar 8. Spesimen Uji Impact dan Termal

3.1. Hasil Uji Impak

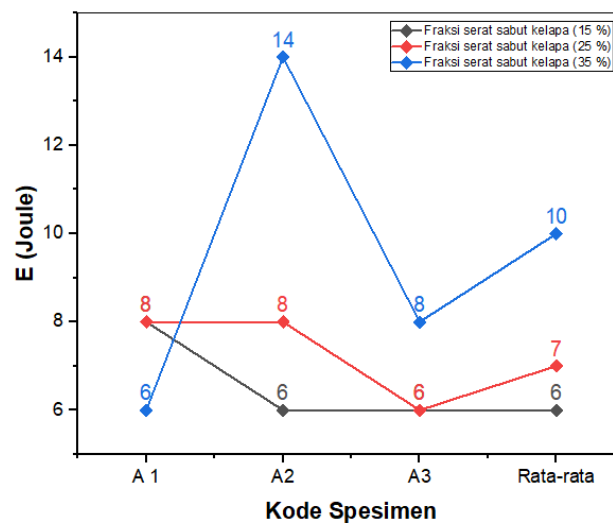


Gambar 9. Spesimen Hasil Pengujian Impak

3.2. Analisa Nilai Impak Terhadap Variasi Fraksi Volume

Berdasarkan Gambar 9 ditampilkan hasil uji impact pada komposit berbahan serat sabut kelapa dengan variasi fraksi volume serat sebesar 15%, 25%, dan 35%. Sementara itu, untuk mengetahui pengaruh variasi matriks terhadap nilai impact, hasilnya dapat diamati pada Gambar 10 di bawah ini dapat dilihat bahwa hasil pengujian impact untuk energi yang diserap pada komposit serat sabut kelapa dengan menggunakan matriks Epoxy terhadap variasi fraksi volume serat sabut kelapa 15%, 25% dan 35%. Maka diperoleh energi yang diserap untuk matriks Epoxy secara berturut yaitu 6,07 Joule, 7,03 Joule dan 10,00 Joule.

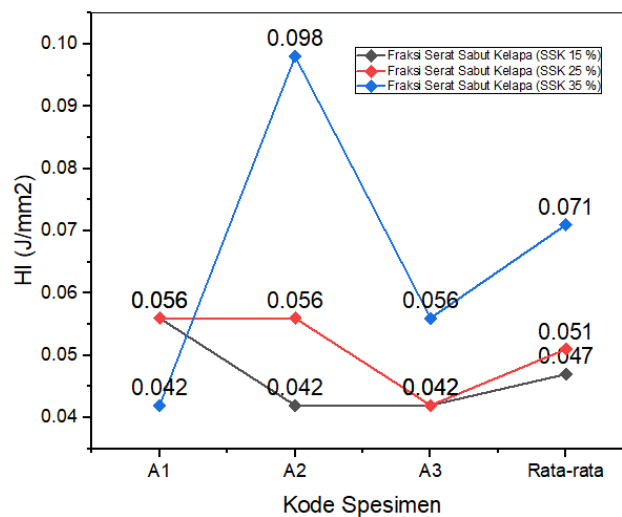
Dari hasil pengujian impact untuk nilai energi yang diserap diperoleh bahwa pada fraksi volume serat sabut kelapa 35%, energi yang diserap merupakan yang paling baik pada komposit serat sabut kelapa. Penambahan serat sabut kelapa 15% menghasilkan energi yang diserap yang paling rendah kemudian meningkat pada penambahan serat sabut kelapa 25% dan terus meningkat pada penambahan serat sabut kelapa 35%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan serat sabut kelapa maka semakin baik pula energi yang diserap pada komposit serat sabut kelapa.



Gambar 10. Grafik nilai rata-rata energi serap

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh variasi matriks terhadap nilai impact, hasilnya dapat diamati pada Gambar .11 di bawah ini dimana hasil pengujian impact untuk matriks *Epoxy* dari komposit serat sabut kelapa yang dilakukan dengan variasi fraksi volume serat sabut kelapa 15%, 25% dan 35%. Diperoleh nilai impact secara berturut-turut yaitu 0,056 Joule/mm², 0,071 Joule/mm² dan 0,098 Joule/mm².

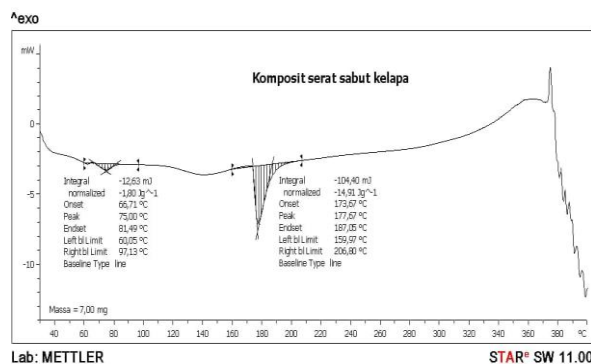
Nilai tertinggi diperoleh pada fraksi serat sabut kelapa 35% yaitu 0,098 Joule/mm², hal ini dikarenakan serat sabut kelapa yang digunakan lebih banyak dari pada fraksi yang lainnya sehingga membuat komposit menjadi lebih kuat dibandingkan fraksi 15% dan 25%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan serat sabut kelapa merupakan hal yang efektif dalam menambah kekuatan komposit. Pengujian impact pada serat sabut kelapa dapat diketahui menjadi peningkatan dari 15% ke 25% hingga ke 35%. Hal ini disebabkan dikarenakan semakin banyak penambahan serat sabut kelapa maka semakin kuat pula komposit serat sabut kelapa.



Gambar 11. Grafik nilai rata-rata harga impact

4. Hasil Uji Termal

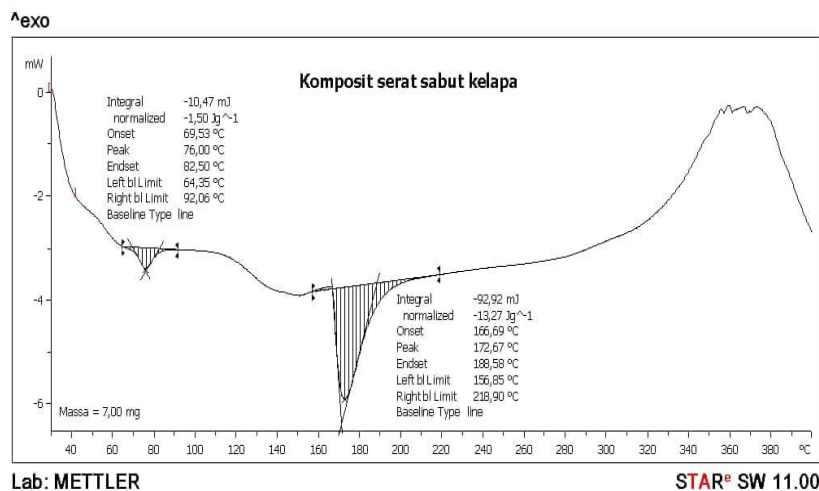
Pengujian *Differential Scanning Calorimetry (DSC)* dilakukan untuk mengetahui sifat termal komposit serat sabut kelapa. Pengujian ini menghasilkan data berupa kurva DSC yang menunjukkan perubahan energi panas terhadap kenaikan suhu. Hasil pengujian untuk material dengan kode D1 dan D2 ditampilkan pada Gambar 12 dan Gambar 13 di bawah ini.



Gambar 12. Hasil uji Sampel D1 (DSC) komposit serat sabut kelapa

4.1. Material D1

Hasil uji DSC material D1 ditunjukkan pada Gambar 12. Dari grafik tersebut diperoleh dua transisi utama, yaitu: Transisi pertama pada suhu sekitar 66–81 °C menunjukkan terjadinya glass transition (T_g), yaitu perubahan sifat material dari fase kaku menjadi lebih elastis. Sementara itu, transisi kedua pada rentang 173–187 °C merupakan *melting temperature* (T_m), yang menandakan terjadinya pelelehan matriks polimer dalam komposit. Nilai entalpi yang cukup tinggi pada transisi kedua menunjukkan bahwa material D1 memerlukan energi lebih besar untuk mengalami pelelehan. Hal ini mengindikasikan adanya ikatan antarmuka yang baik antara resin dan serat sabut kelapa, sehingga material memiliki kestabilan termal yang cukup baik.



Gambar 13. Hasil uji Sampel D2 (DSC) komposit serat sabut kelapa

4.2. Material D2

Hasil uji DSC material D2 ditunjukkan pada Gambar 13. Berdasarkan hasil analisis diperoleh dua transisi utama, yaitu: Transisi pertama pada suhu sekitar 69–82 °C mengindikasikan adanya *glass transition* (T_g), yang menunjukkan perubahan fase material menjadi lebih lentur ketika dipanaskan. Pada transisi kedua, yaitu pada rentang 166–188 °C, terjadi *melting temperature* (T_m) yang menandakan pelelehan resin dalam komposit.

4. KESIMPULAN

Komposit berbasis serat sabut kelapa dengan matriks epoxy dapat dibuat dengan metode mixing, dan mampu menghasilkan spesimen yang cukup homogen untuk dilakukan pengujian mekanik maupun termal. Hasil uji dampak menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi volume serat sabut kelapa, semakin besar kemampuan material dalam menyerap energi benturan. Nilai energi serap rata-rata meningkat dari 6,07 Joule (15% serat), 7,03 Joule (25% serat), hingga 10,00 Joule (35% serat). Nilai harga dampak (HI) tertinggi terdapat pada komposit dengan fraksi serat 35%, yaitu 0,098 J/mm², yang menunjukkan bahwa penambahan serat memperkuat kemampuan material menahan beban kejutan. Hasil uji termal DSC pada spesimen D1 dan D2 menunjukkan adanya dua transisi utama, yaitu glass transition temperature (T_g) pada rentang 66–82 °C dan melting temperature (T_m) pada rentang 166–187 °C. Nilai entalpi pelelehan cukup tinggi, menandakan adanya ikatan antarmuka yang baik antara serat sabut kelapa dan resin epoxy. Secara keseluruhan, komposit serat sabut kelapa memiliki sifat mekanik dan termal yang cukup baik, sehingga berpotensi digunakan sebagai alternatif material protektor muffler yang ramah lingkungan, ringan, ekonomis dan memberikan dampak nyata untuk kemajuan material yang akan digunakan industri manufaktur baik perusahaan kecil maupun besar.

5. SARAN

Untuk penelitian mendatang, disarankan untuk memperbanyak variasi dan jumlah serat yang digunakan. Dengan banyaknya perbandingan maka hasil penelitian dibidang komposit akan mendapatkan hasil yang maksimal

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Saputra, K. Kardiman, D. T. Santoso, and A. I. Imran, "Analisis Sifat Mekanis dan Sifat Fisis pada Komposit Serat Sabut Kelapa Serat Bambu Matriks Epoxy Sebagai Material Bumper Mobil," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 1, p. 37, May 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i1.3014.
- [2] I. Maulana, H. N. Firmansyah, S. N. Permata, M. Irfa, and N. Islam, "Pengaruh Variasi Fraksi Massa Komposit Hibrid Serat Goni/E-Glass Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending," *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, 2025.
- [3] J. Harahap, T. E. Putra, and A. R. Nasution, "Analisis Mesh Size Untuk Konvergensi Coil Spring Roda Depan Minibus Menggunakan Metode Elemen Hingga," *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, 2025.
- [4] H. Ebita Yanda, J. Affi, and Y. Yetri, "Analisis Sifat Mekanik dan Karakteristik Fisik Campuran Hidroksiapatit dari Tulang Sapi, Silika dengan Pengikat Resin sebagai Kandidat Implan Tulang," *JURNAL Teknik Mesin*, vol. 17, no. 2, pp. 139–145, 2024, [Online]. Available: <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jtm>
- [5] K. S. Nisa, E. Melyna, and M. R. M. Samida, "Sintesis Biokomposit Serat Sabut Kelapa dan Resin Poliester dengan Alkalisasi KOH Menggunakan Metode Hand Lay-Up," *Rekayasa*, vol. 15, no. 3, pp. 354–361, Dec. 2022, doi: 10.21107/rekayasa.v15i3.16713.
- [6] I. Mawardi, A. Azwar, and A. Rizal, "Kajian perlakuan serat sabut kelapa terhadap sifat mekanis komposit epoksi serat sabut kelapa," *Jurnal POLIMESIN*, vol. 15, no. 1, p. 22, 2017, doi: 10.30811/jpl.v15i1.369.
- [7] M. K. Gupta and R. K. Srivastava, "Effect of Sisal Fibre Loading on Wear and Friction Properties of Jute Fibre Reinforced Epoxy Composite," *Gupta MK American Journal of Polymer Science & Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 198–207, 2015, [Online]. Available: <http://www.ivyunion.orghttp://www.ivyunion.org/index.php/ajpse/http://www.ivyunion.org>
- [8] A. L. Pereira, M. D. Banea, J. S. S. Neto, and D. K. K. Cavalcanti, "Mechanical and thermal characterization of natural intralaminar hybrid composites based on sisal," *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 4, Apr. 2020, doi: 10.3390/POLYM12040866.
- [9] Muhammad Ikhsan, I. Permana, R. Arif Pratama, and S. Bayu Setiajit, "Pengembangan Komposit Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Pembuatan Rangka Surveillance Drone," *Teknika Sttkd: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 10, no. 1, pp. 53–57, Mar. 2024, doi: 10.56521/teknika.v10i1.1048.
- [10] I. Mawardi, A. Rizal, J. Teknik Mesin, and P. Negeri Lhokseumawe Jl Banda, "Kajian Perlakuan Serat Sabut Kelapa Terhadap Sifat Mekanis Komposit Epoksi Serat Sabut Kelapa," 2017.
- [11] Lalla Khamsatul Muharrami, "Analisa DSC Terhadap Sintesis Plastik HDPE–fly ash," 2015.
- [12] I. Mawardi, S. Rizal, S. Aprilia, and M. Faisal, "Kajian stabilitas termal bahan baku material insulasi panas berbasis serat alam: kayu kelapa sawit dan serat rami," 2021.
- [13] Ridwan, "Pengaruh Sifat Material Dan Termal Komposit Pla (Poly Lactid Acid)/Coconut Fiber (Sabut Kelapa) Dengan Modifikasi Perendaman Naoh," *Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology) Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe*, vol. Vol. 20 No.02, 2022.
- [14] ASTM D256-23, "Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics," Mar. 15, 2023, *ASTM International, West Conshohocken, PA*. doi: 10.1520/D0256-23E01.

- [15] ASTM D3418-12, "Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry," Aug. 01, 2012, *ASTM International, West Conshohocken, PA*. doi: 10.1520/D3418-12E01.
-