



KARAKTERISTIK KEKUATAN IMPAK DAN KEKERASAN *HYBRID BIOCOMPOSITE* BERBASIS EPOKSI YANG DIPERKUAT SERAT SABUT KELAPA DAN SERAT SINTETIS

Indra Mawardi¹⁾, Nurdin²⁾, Zaini³⁾, Usman⁴⁾, Saifuddin⁵⁾

^{1),2),3),4),5)} Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata
Email: indratm@pnl.ac.id

Received: April 15, 2022. Accepted: July 18, 2022

Abstrak

Penggunaan serat alam sebagai penguat pada material komposit polimer memberikan beberapa keunggulan karena densitasnya yang rendah, biodegradable, dan mudah didaur ulang, namun sifat mekanisnya masih di bawah serat sintetis. Oleh karena itu untuk meningkatkan sifat mekanik biokomposit yang diperkuat serat alami perlu dikombinasi dengan *co-reinforcement* serat sintetis. Dalam artikel ini, kami mempelajari *hybrid biocomposite* laminasi yang diperkuat dengan serat sabut kelapa dan serat sintetis menggunakan matriks resin epoksi. *Hybrid biocomposite* dibentuk secara *hand lay up* menggunakan penguat serat sabut kelapa dengan variasi serat sintetis berupa E-glass, kain sintetis, dan lembaran karet. Peletakan penguat dilakukan dengan berbagai variasi, yaitu HBK-1, HBK-2, dan HBK-3. Pengujian kekuatan impact, kekerasan dan densitas dilakukan untuk mempelajari karakteristik dari *hybrid biocomposite*. Hasil pengujian impact menunjukkan varian HBK-1 memiliki kekuatan impact tertinggi sebesar 0.05 J/mm². Sedangkan hasil pengujian kekerasan dan pengukuran densitas menunjukkan varian HBK-3 menghasilkan nilai tertinggi, masing-masing 14,96 HB dan 1,29 g/cm³. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa sifat material dasar dari setiap *co-reinforcement* dan jumlah lapisan memberikan pengaruh terhadap kekuatan impact dan kekerasan dari *hybrid biocomposite*. Dari hasil penelitian menunjukkan penggunaan serat sabut kelapa yang inovatif akan bermanfaat bagi pengembangan teknologi material biokomposit dan aspek lingkungan.

Kata kunci: *Hybrid biocomposite*, serat sabut kelapa, serat sintetis, kekuatan impact, kekerasan.

Abstract

Using natural fibers as reinforcement in polymer composite materials provides several advantages because of their low density, biodegradability, and easy recycling. However, its mechanical properties are still below that of synthetic fibers. Therefore, to improve the mechanical properties of natural fiber reinforced biocomposite, combining it with synthetic fiber co-reinforcement is necessary. This article studies a laminated hybrid biocomposite reinforced coconut coir and synthetic fibres using an epoxy resin matrix. Hybrid biocomposite is formed by hand layup using reinforcing coconut fibre, with various synthetic fibers in the namely E-glass, synthetic fabric, and rubber sheet. The reinforcement is laid out with various variations, namely HBK-1, HBK-2, and HBK-3. Impact strength, hardness and density tests were carried out to study the characteristics of the hybrid biocomposite. The impact test results show that the HBK-1 variant has the highest impact strength of 0.05 J/mm². Meanwhile, hardness testing and density measurements showed that the HBK-3 variant produced the highest values, 14.96 HB and 1.29 g/cm³. The test results show that the basic material properties of each co-reinforcement and the number of layers affect the impact strength and hardness of the hybrid biocomposite. The research results show that innovative coconut fibre will be beneficial for the development of biocomposite material technology and environmental aspects.

Keyword: Hybrid biocomposite, coconut fiber, synthetic fiber, impact strength, hardness

PENDAHULUAN

Material *biocomposite* yang diperkuat serat alam telah mendapat perhatian serius karena mempunyai potensi untuk berbagai aplikasi industri. *Biocomposite* yang diperkuat serat alami digunakan dalam beragam aplikasi seperti mobil, dirgantara, sektor konstruksi dan bangunan, produk konsumen, pengemasan, biomedis, dan pertahanan. Penggunaan serat alam mempunyai beberapa keuntungan, antara lain serat alam relatif murah, terbarukan, dapat didaur ulang seluruhnya atau sebagian, dapat terurai secara hayati, dan ramah lingkungan [1]–[4], sehingga produk-produk berbasis serat sintetis secara bertahap digantikan oleh serat alam.

Serat alam yang mengandung lignoselulosa seperti sabut kelapa, rami, kenaf, jerami, ijuk, sekam padi dan beberapa serat dari kayu adalah sumber terbesar bahan penguat dari *biocomposite* [5], [6]. Ketersediaannya yang berlimpah, biaya proses yang rendah, dan densitasnya lebih rendah menjadikan serat alam menjadi bahan ekologis yang menarik dibandingkan dengan serat sintetis seperti serat kaca, karbon, aramid, dan nilon. Namun, serat alam mempunyai beberapa kelemahan dari sifat fisis dan kekuatan yang relatif lebih rendah dibandingkan serat sintetis, sehingga produk yang diperkuat serat sintetis masih digunakan untuk memproduksi bahan komposit. Teknologi menggabungkan serat atau matriks yang berbeda atau yang lebih dikenal dengan dengan hibridisasi telah banyak memperbaiki kinerja dari properties *biocomposite*.

Proses hibridisasi adalah proses menggabungkan dua serat atau lebih dalam satu matriks yang bertujuan untuk meningkatkan fisis komposit atau sifat mekanik. *Biocomposite* hibrida dapat diproduksi dengan mencampur dua atau lebih serat atau penguat atau menggunakan satu atau lebih matriks yang berbeda [7]. Beberapa peneliti sebelumnya telah mengkombinasikan dua jenis serat alami dengan tujuan mengurangi biaya bahan

dan memperbaiki sifat fisis maupun mekanis [8],[9] [10] [11]. Meskipun hibridisasi dapat meningkatkan sifat mekanis dan fisis *biocomposite*, namun kompatibilitas, karakteristik lapisan antarmuka, perilaku kegagalan, dan hubungan sifat struktur pada pembentukan *biocomposite* perlu ditinjau lebih lanjut [12].

Serat sabut kelapa adalah serat lignoselulosa yang keras dan kaku yang dapat terurai secara hayati yang diperoleh buah kelapa. Kelapa (*cocos nucifera*) banyak dibudidayakan secara luas di negara-negara tropis seperti Indonesia, Thailand, India, SriLanka. Sabut kelapa memiliki kandungan lignin yang tinggi sehingga mereka memiliki beberapa keunggulan seperti kemampuan tahan aus, kualitas kekerasan yang lebih besar, ketahanan akustik yang lebih baik, tidak beracun, tahan cuaca, tahan terhadap degradasi bakteri dan jamur, dan mudah dimodifikasi secara kimia [13], [14]. Selain itu, serat sabut kelapa memiliki kinerja ketahanan yang lebih kuat terhadap kelembaban dibandingkan dengan serat alam lainnya, kemampuan untuk menahan air asin dari laut dan paparan panas. Serat sabut kelapa juga memiliki perpanjangan putus yang tinggi, yaitu dapat juga diregangkan melampaui batas elastis tanpa pecah [15]. Hibridisasi serat sabut kelapa dengan serat sintetis dan serat alam telah dilaporkan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Hasil hibridisasi serat sabut kelapa tersebut telah memberikan efek positif terhadap peningkatan sifat *biocomposite* secara keseluruhan [16]–[19].

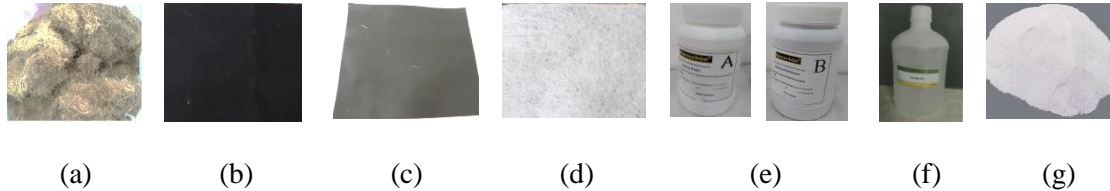
Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kekuatan impact dan kekerasan dari *hybrid biocomposite* yang diperkuat serat sabut kelapa, E-glass, dan kain sintetis dengan matriks epoksi. *Hybrid biocomposite* laminat dibentuk dalam beberapa variasi lapisan penguat.

METODE PENELITIAN

Material

Serat sabut kelapa diambil dari industri pengolahan sabut kelapa di Aceh, Indonesia. Serat

sintetis yang digunakan sebagai *co-reinforcement* adalah serat E-glass, kain sintetis dan lembaran karet. Resin epoksi digunakan sebagai matriks dan NaOH 5% digunakan sebagai larutan *pretreatment* dari sabut kelapa. Serbuk alumina digunakan sebagai bahan pengisi. Gambar 1 memperlihatkan material pembentuk *hybrid biocomposite*.



Gambar 1. Material pembentuk *hybrid biocomposite* (a) serat sabut kelapa, (b) kain sintetis, (c) lembaran karet, (d) serat E-glass, (e) resin epoksi, (f) NaOH, (g) alumina

Perlakuan Awal Serat Sabut Kelapa

Serat sabut kelapa yang berasal dari buah kelapa terlebih dahulu disortir dengan diameter yang sama, kemudian dipotong ukuran panjang 10-15mm. Serat kemudian direbus dalam larutan larutan NaOH selama 10 menit dengan suhu 90°C. Fungsi dari perlakuan ini adalah menghilangkan lapisan lignin. Setelah dilakukan proses pendinginan, serat dilakukan proses fibrilisasi dengan menggunakan blender putaran tinggi dengan kecepatan 20.000 – 30.000 rpm selama 5 menit. Proses ini bertujuan untuk mereduksi diameter serat dan merujuk pada penelitian

sebelumnya yang menghasilkan sifat mekanis meningkat setelah serat dilakukan proses fibrilisasi [20].

Manufaktur *Hybrid Biocomposite*

Hybrid biocomposite dibentuk secara *hand lay-up* menggunakan cetakan dari baja. *Hybrid biocomposite* dibentuk secara laminat dengan variasi seperti terlihat pada Gambar 2. Variasi unsur pembentuk *hybrid biocomposite* berdasarkan fraksi berat dengan perbandingan 30:70 dan penambahan *filler* alumina sebanyak 5% dari berat matrik.

Epoksi	Epoksi	Epoksi
Karet	Kain Sintetis	Karet
Epoksi	Epoksi	Epoksi
Kain Sintetis	Serat E-glass	Serat E-glass
Epoksi	Serat Sabut Kelapa, Alumina, dan Epoksi	Serat Sabut Kelapa, Alumina, dan Epoksi
Serat E-glass		
Serat Sabut Kelapa, Alumina, dan Epoksi		
(a)	(b)	(c)

Gambar 2. Variasi *hybrid biocomposite* (a) HBK-1, (b) HBK-2, (c) HBK-3

Pengukuran Densitas *Hybrid Biocomposite*

Pengukuran densitas *hybrid biocomposite* dilakukan dengan membentuk spesimen menjadi

dimensi 20x20x10mm. Pengukuran dilakukan dengan mengerikan spesimen dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C hingga beratnya konstan,

kemudian spesimen ditimbang. Dimensi spesimen berupa panjang, lebar dan tebal diukur untuk mendapatkan nilai volume. Perhitungan densitas dilakukan dengan persamaan 1.

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (1)$$

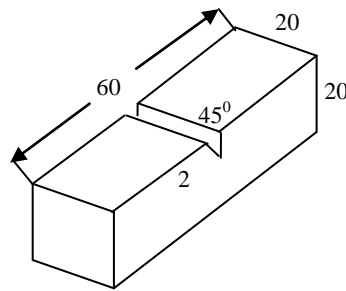
dimana,

- m = massa kering spesimen, kg
- V = volume spesimen, m³

Pengujian Hybrid Biocomposite

Pengujian impact menggunakan metode charpy, dimana pengujian ini bertujuan untuk mengukur energi impact. Spesimen uji impact ini mengacu pada standar ASTM-D256 yang dimodifikasi (Gambar 3). Pada pengujian impact,

pendulum diayunkan dari ketinggian tertentu dan akan memukul spesimen dari belakang takik yang diletakkan mendatar. Masing-masing variasi spesimen dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan. Selanjutnya, selain pengujian impact dilakukan juga pengujian kekerasan dari spesimen *hybrid biocomposite*. Pengujian ini bertujuan untuk menilai ketahanan terhadap deformasi plastik, dimana nilai ini menentukan kualitas suatu material dalam berbagai aplikasi nantinya. Spesimen uji kekerasan menggunakan spesimen yang sama dengan uji impact. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode uji kekerasan Brinell. Pengujian kekerasan dilakukan pada sisi atas dan bawah dari spesimen. Nilai kekerasan rata-rata diambil sebagai nilai kekerasan *hybrid biocomposite*.

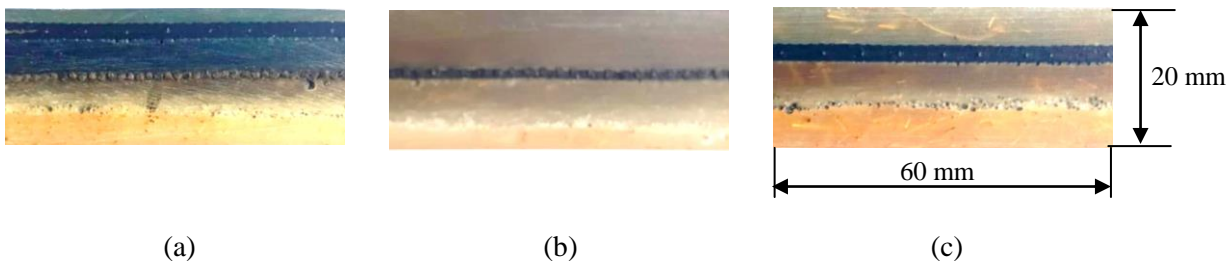


Gambar 3. Dimensi spesimen uji impact

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil manufaktur atau pembentukan *hybrid biocomposite* laminat telah dihasilkan tiga

varian, yaitu: HBK-1, HBK-2, dan HBK-3. Gambar 4 memperlihatkan penampang dari ketiga varian *hybrid biocomposite* yang telah dibentuk.



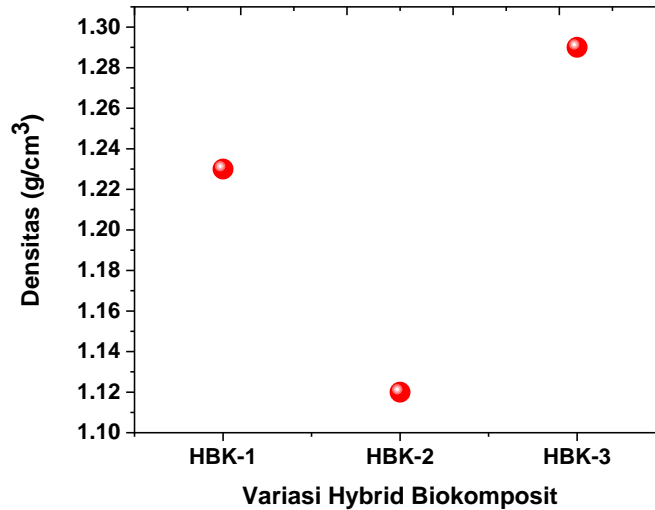
Gambar 4. Penampang samping *hybrid biocomposite* (a) HBK-1, (b) HBK-2, (c) HBK-3

Gambar 5 memperlihatkan nilai densitas *hybrid biocomposite*. Densitas atau kepadatan

biocomposite berkisar antara 1,12 sampai 1,29 g/cm³, dengan kepadatan terendah pada

biocomposite HKB-2 dan nilai tertinggi pada variasi HBK-3 sebesar $1,29 \text{ g/cm}^3$. Dalam studi ini, semakin kecil nilai densitas menunjukkan *hybrid biocomposite* tersebut semakin ringan. Namun demikian, varian *hybrid biocomposite* dengan

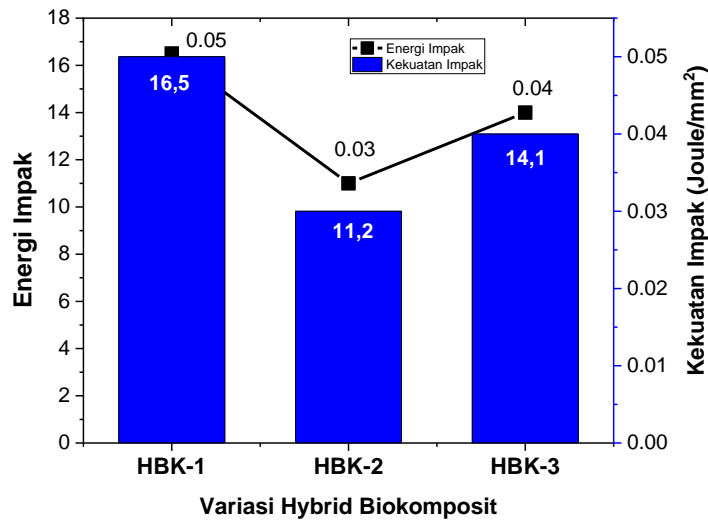
densitas yang rendah memiliki pori-pori yang lebih banyak dibandingkan dengan varian yang memiliki densitas lebih tinggi. Nilai densitas yang lebih tinggi menunjukkan kekompakan struktur yang lebih baik.



Gambar 5. Densitas *hybrid biocomposite*

Energi impact dan kekuatan impact dari berbagai variasi *hybrid biocomposite* berpenguat serat sabut kelapa dan serat sintetis diperlihatkan pada Gambar 6. Nilai kekuatan impact berkorelasi dengan energi yang diserap oleh spesimen saat terjadi pukulan. Varian HBK-1 memiliki nilai kekuatan impact tertinggi sebesar 0.05 J/mm^2 , sedangkan varian HBK-2 memiliki nilai terendah dengan kekuatan impact sebesar 0.03 J/mm^2 . Pada studi ini, penggunaan *co-reinforcement* yang lebih banyak memberi efek positif terhadap peningkatan kekuatan impact. Varian HBK-1 memiliki empat *co-reinforcement*, sedangkan varian HBK-2 dan HBK-3 memiliki tiga *co-reinforcement*. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah *co-*

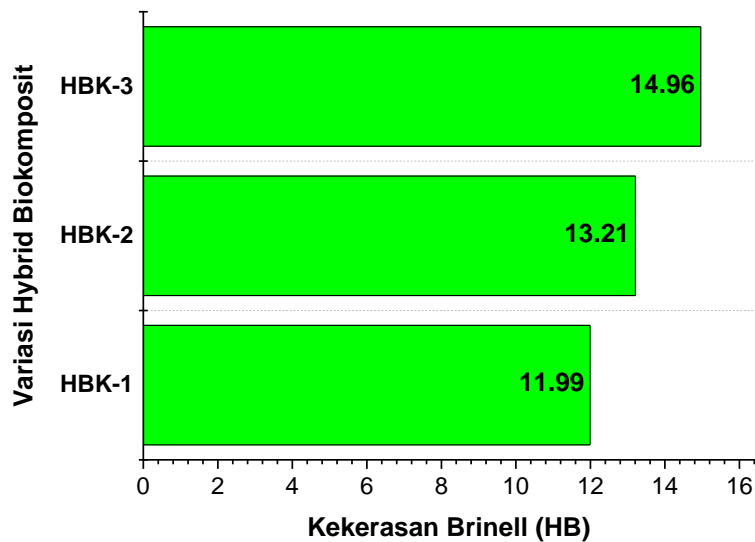
reinforcement memberi pengaruh signifikan terhadap kekuatan impact. Selanjutnya, hasil pengujian memperlihatkan sifat material dasar dari setiap *co-reinforcement* memberikan pengaruh terhadap kekuatan impact yang dihasilkan. Selain serat E-glass, *co-reinforcement* karet memberi efek yang lebih baik dibandingkan dengan kain sintetis. Hal ini tidak terlepas dari karakteristik karet yang memiliki kinerja menyerap energi impact yang lebih baik dibandingkan kain sintetis. Temuan ini lebih baik dari penelitian sebelumnya yang melaporkan kekuatan impact *hybrid biocomposite* berpenguat sabut kelapa dengan matriks epoksi, masing-masing sebesar $0.0073\text{-}0.014 \text{ J/mm}^2$ [21] dan 0.01 J/mm^2 [22].



Gambar 6. Kekuatan impak *hybrid biocomposite*

Gambar 7 menunjukkan nilai kekerasan dari *hybrid biocomposite* yang diperkuat serat sabut kelapa dan serat sintetis menggunakan matriks epoksi. Nilai kekerasan Brinell dari *hybrid biocomposite* berkisar antara 11,99 – 14,96 HB, dengan nilai kekerasan berturut-turut dari yang

paling kecil ke paling besar adalah HBK-1, HBK-2, dan HBK-3. Secara keseluruhan, jumlah dan jenis *co-reinforcement* sebagai penguat hibridisasi mempengaruhi nilai kekerasan dari spesimen *biocomposite*. Tingkat kepadatan yang tinggi akan meningkatkan nilai kekerasan.



Gambar 7. Kekerasan *hybrid biocomposite*

KESIMPULAN

Studi ini telah menyelidiki kinerja kekuatan impact, kekerasan, dan densitas dari *hybrid biocomposite* berpenguat serat sabut kelapa dan eras sintetis dengan material resin epoksi. Secara umum hasil penelitian menunjukkan bahwa hibridisasi serat, jenis dan jumlah serat atau *co-reinforcement* berpengaruh terhadap karakteristik kekuatan impact, dan kekerasan. Varian HBK-1 menunjukkan nilai terbaik untuk kekuatan impact ($0,05 \text{ J/mm}^2$), varian HBK-3 untuk kekerasan tertinggi (14,96 HB), dan densitas yang tertinggi ($1,29 \text{ g/cm}^3$). Berdasarkan hasil penelitian, pemanfaatan serat sabut kelapa yang inovatif akan bermanfaat dari aspek lingkungan dan sosial ekonomi

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Lhokseumawe yang telah memberi dukungan pendanaan terhadap penelitian ini

DAFTAR RUJUKAN

- [1] K. M. F. Hasan, P. G. Horváth, M. Bak, and T. Alpár, "A state-of-the-art review on coir fiber-reinforced biocomposites," *RSC Adv.*, vol. 11, no. 18, pp. 10548–10571, 2021.
- [2] K. M. Hasan, P. G. Horváth, and T. Alpár, "Potential natural fiber polymeric nanobiocomposites: A review," *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 5, p. 1072, 2020.
- [3] A. G. Adeniyi, D. V. Onifade, J. O. Ighalo, and A. S. Adeoye, "A review of coir fiber reinforced polymer composites," *Compos. Part B Eng.*, p. 107305, 2019.
- [4] A. K. Mohanty, M. Misra, and L. T. Drzal, "Sustainable bio-composites from renewable resources: opportunities and challenges in the green materials world," *J. Polym. Environ.*, vol. 10, no. 1, pp. 19–26, 2002.
- [5] S. H. P. Bettini *et al.*, "Investigation on the use of coir fiber as alternative reinforcement in polypropylene," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 118, no. 5, pp. 2841–2848, 2010.
- [6] K. M. Praveen *et al.*, "Investigations of plasma induced effects on the surface properties of lignocellulosic natural coir fibres," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 368, pp. 146–156, 2016.
- [7] V. Guna, M. Ilangovan, M. G. Ananthaprasad, and N. Reddy, "Hybrid biocomposites," *Polym. Compos.*, vol. 39, pp. E30–E54, 2018.
- [8] K. Doost-hoseini, H. R. Taghiyari, and A. Elyasi, "Correlation between sound absorption coefficients with physical and mechanical properties of insulation boards made from sugar cane bagasse," *Compos. Part B Eng.*, vol. 58, pp. 10–15, 2014.
- [9] M. E. Ali and A. Alabdulkarem, "On thermal characteristics and microstructure of a new insulation material extracted from date palm trees surface fibers," *Constr. Build. Mater.*, vol. 138, pp. 276–284, 2017.
- [10] T. Wu, X. Wang, and K. Kito, "Effects of pressures on the mechanical properties of corn straw bio-board," *Eng. Agric. Environ. food*, vol. 8, no. 3, pp. 123–129, 2015.
- [11] A. M. Radzi, S. M. Sapuan, M. Jawaid, and M. R. Mansor, "Water absorption, thickness swelling and thermal properties of roselle/sugar palm fibre reinforced thermoplastic polyurethane hybrid composites," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 8, no. 5, pp. 3988–3994, 2019.
- [12] B. Abu-Jdayil, A.-H. Mourad, W. Hittini, M. Hassan, and S. Hameedi, "Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview," *Constr. Build. Mater.*, vol. 214, pp. 709–735, 2019.
- [13] F. Z. Arrakhiz, M. Malha, R. Bouhfid, K. Benmoussa, and A. Qaiss, "Tensile, flexural and torsional properties of chemically treated alfa, coir and bagasse reinforced polypropylene," *Compos. Part B Eng.*, vol. 47, pp. 35–41, 2013.
- [14] S. Siddika, F. Mansura, M. Hasan, and A.

- Hassan, “Effect of reinforcement and chemical treatment of fiber on the properties of jute-coir fiber reinforced *hybrid* polypropylene composites,” *Fibers Polym.*, vol. 15, no. 5, pp. 1023–1028, 2014. 861, 2018.
- [15] E. S. Zainudin, L. H. Yan, W. H. Haniffah, M. Jawaid, and O. Y. Alothman, “Effect of coir fiber loading on mechanical and morphological properties of oil palm fibers reinforced polypropylene composites,” *Polym. Compos.*, vol. 35, no. 7, pp. 1418–1425, 2014.
- [16] I. Mawardi and H. Hanif, “Sifat Mekanis Komposit Polimer Hibrid Diperkuat Serat Sabut Kelapa-E-Glass,” *ETHOS J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 6, no. 2, pp. 297–304, 2018.
- [17] I. Mawardi, M. N. M. Zubir, J. Bakri, and A. Jannifar, “Development of a *hybrid* coir fiber composites as ballistic material,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 268, no. 1, p. 12130.
- [18] V. K. Bhagat, S. Biswas, and J. Dehury, “Physical, mechanical, and water absorption behavior of coir/glass fiber reinforced epoxy based *hybrid* composites,” *Polym. Compos.*, vol. 35, no. 5, pp. 925–930, 2014.
- [19] M. S. Islam, N. A. B. Hasbullah, M. Hasan, Z. A. Talib, M. Jawaid, and M. K. M. Haafiz, “Physical, mechanical and biodegradable properties of kenaf/coir *hybrid* fiber reinforced polymer nanocomposites,” *Mater. Today Commun.*, vol. 4, pp. 69–76, 2015.
- [20] I. Mawardi, “Microfibrillation of Coir Using High Speed Blender to Improvement of Tensile Behavior of Coir Reinforced Epoxy Composites,” *KnE Eng.*, pp. 157–170, 2019.
- [21] A. R. Hani, M. Mariatti, A. Roslan, M. N. Roslan, and A. R. Othman, “Influence of woven and cross-ply laminates on mechanical properties of coir epoxy composite,” in *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 315, pp. 136–140.
- [22] M. Mittal and R. Chaudhary, “Development of PALF/Glass and COIR/Glass fiber reinforced *hybrid* epoxy composites,” *J. Mater. Sci. Surf. Eng.*, vol. 6, no. 5, pp. 851–