Analisa Sifat Mekanis Komposit Serat Kulit Buah Durian Bermatriks BQTN-EX Sebagai Material Alternatif Body Mobil Hemat Energi

Septian Dwi Mahendra, Suheni, dan Ahmad Anas Arifin
1,2,3 Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-mail : mahendraseptian23@gmail.com , suheni@itats.ac.id , anas.arifin10@gmail.com

Abstrak
Komposit merupakan kombinasi dua atau lebih material berbeda yang terdiri atas serat dan matriks, di mana serat alami dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti serat sintetis. Salah satu bahan alami yang berpotensi digunakan adalah serat kulit buah durian karena memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat kaca terhadap sifat mekanik komposit serat kulit buah durian berpenguat resin polyester BQTN-EX sebagai alternatif bahan bodi mobil hemat energi. Serat kulit durian diproses melalui perebusan, delignifikasi menggunakan larutan NaOH 5%, pencucian, dan pengeringan, kemudian dicetak dengan metode vacuum infusion. Pengujian dilakukan menggunakan uji tarik berdasarkan standar ASTM D3039 dan uji impak Charpy berdasarkan ASTM D6110. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat kaca meningkatkan sifat mekanik komposit, dengan kekuatan tarik komposit hibrida sebesar 98,56 MPa (naik 37% dari 71,92 MPa) dan nilai ketangguhan meningkat dari 0,4184 J/mm² menjadi 0,8485 J/mm². Komposit hibrida ini berpotensi dijadikan alternatif material bodi mobil hemat energi.
Kata Kunci: *BQTN-EX, Kekuatan Tarik, Ketangguhan Impak, Komposit Hibrida, Kulit Buah Durian, Serat Alam, Serat Kaca, Vacuum Infusion.*

Abstract
Composites combine two or more distinct materials, consisting of fibres and a matrix. Natural fibre composites offer a viable alternative to synthetic fibre composites. Durian peel fibre is a particularly promising natural reinforcement because of its high cellulose content. This study investigates the effect of incorporating glass fibre into durian peel fibre composites using BQTN-EX polyester resin as an alternative material for energy-efficient car bodies. The durian peel fibres were processed by boiling, followed by delignification using a 5% NaOH solution, then washed and dried before being moulded using the vacuum infusion method. The experimental programme included tensile testing in accordance with ASTM D3039 and Charpy impact testing in accordance with ASTM D6110. The results demonstrate that incorporating glass fibre significantly improves the mechanical properties of the composite. The hybrid composite achieved a tensile strength of 98.56 MPa, an increase of approximately 37% compared with the 100% durian peel fibre composite (71.92 MPa), while toughness increased from 0.4184 J/mm² to 0.8485 J/mm². These findings indicate that the hybrid composite is a promising alternative material for energy-efficient car bodies.
Keywords: *BQTN-EX, Durian Fruit Peel, Glass Fibre, Hybrid Composite, Impact Toughness, Natural Fibre, Tensile Strength, Vacuum Infusion.*

PENDAHULUAN
Industri manufaktur otomotif banyak menggunakan logam sebagai bahan utama pembuatan bodi, rangka, dan komponen kendaraan karena kekuatannya yang tinggi dan mudah dibentuk, meskipun material ini rentan terhadap korosi dan kurang tahan terhadap kondisi lingkungan yang buruk. Material komposit hadir sebagai alternatif karena mampu menyatukan berbagai sifat berbeda yang tidak dapat diperoleh dari logam, polimer, atau keramik secara terpisah, terutama dalam hal kekuatan dan kekakuan spesifik [10]. Komposit berpenguat serat sintetis seperti fiberglass banyak digunakan di industri otomotif karena kuat, tidak mudah melar, dan tahan terhadap jamur, namun penggunaannya menimbulkan masalah bagi lingkungan karena sulit diuraikan oleh alam [1].

Pemanfaatan serat alam sebagai penguat komposit semakin banyak diteliti karena bersifat ramah lingkungan, memiliki densitas rendah, biaya relatif murah, dan berasal dari sumber daya terbarukan. Penggunaan komposit serat alam pada kendaraan dapat membuat kendaraan lebih ringan sehingga mengurangi konsumsi bahan bakar, dan umumnya diaplikasikan pada komponen seperti tutup ban samping, panel dalam pintu, panel dalam atap, dan bagian punggung kursi [2]. Salah satu limbah pertanian yang berpotensi dimanfaatkan sebagai penguat komposit adalah kulit buah durian, yang mengandung kadar selulosa cukup tinggi sehingga sekaligus dapat mengurangi limbah organik dari sentra produksi durian [7], [8].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa komposit berpenguat serat kulit durian dengan matriks resin BQTN-EX memiliki kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan komposit tanpa serat, dengan kekuatan

ISSN 2775-5630

tarik rata-rata tertinggi sebesar 13,65 MPa pada fraksi berat 40 gram serat, sedangkan resin tanpa serat hanya menghasilkan 2,5 MPa [3]. Penelitian lain terhadap serat kulit waru yang disusun secara laminasi dengan matriks polyester BQTN 157 menunjukkan bahwa orientasi serat berpengaruh terhadap kekakuan komposit, dengan nilai kekakuan tertinggi 54,645 N/mm² pada titik uji 30 derajat [4]. Kedua penelitian tersebut membuktikan bahwa serat alam berbasis limbah kulit buah berpotensi dijadikan bahan penguat komposit, namun sifat mekaniknya secara umum masih berada di bawah komposit berpenguat serat sintetis sepenuhnya.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat kulit buah durian bermatriks BQTN-EX terhadap kekuatan tarik material pada pengujian tensile test, serta pengaruhnya terhadap ketahanan kejut material pada pengujian impact test, dengan membandingkan komposit 100% serat kulit buah durian terhadap komposit hibrida 50% serat kaca : 50% serat kulit buah durian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan bahan komposit hibrida berbasis serat alam untuk digunakan di bidang otomotif, khususnya sebagai material alternatif bodi mobil hemat energi yang ringan, cukup kuat, dan lebih ramah lingkungan, sekaligus mengurangi limbah kulit buah durian.

TINJAUAN PUSTAKA

Durian adalah tanaman tropis asal Asia Tenggara yang dikenal luas sebagai raja buah-buahan [6]. Kulit buah durian mengandung serat dengan kadar selulosa yang cukup tinggi, diikuti oleh kandungan lignin dan pati, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan penguat komposit di samping pemanfaatan dagingnya [9], [22]. Sebagai perbandingan, serat alam lain seperti serat kulit waru juga telah diteliti pemanfaatannya untuk kerajinan maupun sebagai penguat komposit laminasi [5].

Komposit adalah material yang terbuat dari dua atau lebih material berbeda yang digabungkan dalam berbagai bentuk seperti logam, polimer, dan keramik, dengan matriks bertindak sebagai pelindung, penopang, dan penghubung antar unsur penguat [10]. Serat kaca (fiberglass) merupakan serat penguat yang paling banyak digunakan dalam matriks komposit polimer karena harganya murah, memiliki daya tarik tinggi, dan tahan terhadap reaksi kimia, meskipun modulus tarik dan ketahanan lelahnya relatif rendah dibandingkan serat karbon [11]. Perbandingan orientasi dan jenis serat penguat turut memengaruhi kekuatan tarik komposit berbasis matriks epoxy maupun polyester [12].

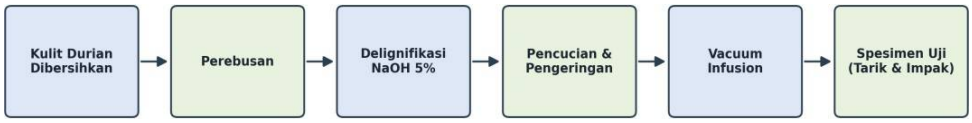
Resin Polyester BQTN 157-EX adalah polimer kondensasi yang dibuat dengan mereaksikan poliol dengan asam polikarboksilat, membentuk struktur terikat silang yang menawarkan ketahanan lebih baik terhadap beban statis dan benturan [13]. Metode pencetakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah vacuum infusion, yaitu proses pembuatan komposit yang memanfaatkan tekanan vakum di dalam cetakan agar resin dapat mengalir dan membasahi serat secara merata.

Pengujian impak digunakan untuk menentukan ketangguhan material, yaitu kemampuan menyerap energi hingga terjadi patah, dan diukur dengan metode Charpy karena dinilai lebih akurat dibandingkan metode Izod [14]. Penelitian terdahulu terhadap komposit berpenguat serat kaca melaporkan nilai ketangguhan impak rata-rata sebesar 0,048 J/mm² [15]. Sementara itu, uji tarik (tensile test) digunakan untuk mengetahui seberapa kuat material menahan beban yang diberikan secara sejajar, sekaligus memberikan informasi mengenai kekuatan luluh, keuletan, dan kelentingan material [16]. Sifat mekanik material, termasuk kekuatan, kekerasan, elastisitas, plastisitas, ketangguhan, kekakuan, kelelahan, dan mulur, pada dasarnya berkaitan dengan perilaku material saat menerima beban mekanik, baik statis maupun dinamis [17], [24].

METODE DAN ANALISIS

Penelitian ini menggunakan serat kulit buah durian sebagai penguat utama dan serat kaca (fiberglass) sebagai penguat hibrida, dengan matriks Polyester Resin 157 BQTN-EX dan katalis Methyl Ethyl Keton Peroksida (MEKPO). Serat kulit durian yang telah dibersihkan direbus agar lunak, kemudian didelignifikasi menggunakan larutan NaOH 5% selama 2 jam untuk menghilangkan lapisan lignin, dibilas hingga bersih, dan dikeringkan hingga kadar air serat mencapai 6%–10% sebelum dicetak menjadi lembaran. Tahapan proses tersebut diilustrasikan pada Gambar 1.

ISSN 2775-5630



Gambar 1. Skema tahapan pembuatan serat kulit buah durian hingga proses pencetakan komposit.

Spesimen komposit dibuat dengan dua variasi komposisi, yaitu 100% serat kulit buah durian (15 gram) dan hibrida 50% serat kaca : 50% serat kulit buah durian (7,5 gram : 7,5 gram). Serat disusun lapis demi lapis ke dalam cetakan, kemudian resin dan katalis dengan perbandingan 1:100 dialirkan ke dalam cetakan menggunakan metode vacuum infusion dengan bantuan vacuum bag dan electric vacuum pump, dengan waktu pengadukan 10–15 menit. Setelah resin mengering selama 1–2 hari, cetakan dibongkar dan spesimen dipotong serta dirapikan sesuai standar pengujian.
Pengujian tarik (tensile test) mengacu pada standar ASTM D3039 menggunakan spesimen berukuran 250 x 25 x 3 mm, dilakukan dengan Universal Testing Machine (UTM) berpenggerak hydraulic system di Laboratorium Fakultas Teknik UNISMA. Pengujian impak (impact test) mengacu pada standar ASTM D6110 dengan metode Charpy menggunakan spesimen berukuran 127 x 12,75 x 12,75 mm. Energi impak dihitung menggunakan persamaan energi potensial dan energi mekanik pendulum, sedangkan ketangguhan impak (HI) diperoleh dari rasio energi impak
(E) terhadap luas penampang spesimen (A), dengan satuan J/mm².

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Perbandingan Serat terhadap Kekuatan Tarik (Tensile Strength)

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggabungan antara serat kulit buah durian dan serat kaca terhadap sifat mekanik komposit. Hasil pengujian tarik disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengujian tarik terhadap tensile strength.

Paduan Material (%)	P (N)	σ (MPa)
100% Serat Durian	4495	71,92
50% Serat Kaca : 50% Serat Durian	6160	98,56

Dari Tabel 1, terlihat bahwa komposit hibrida 50% serat kaca : 50% serat durian memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 98,56 MPa, sedangkan komposit 100% serat durian memiliki kekuatan tarik sebesar 71,92 MPa. Penambahan serat kaca meningkatkan kekuatan tarik komposit sebesar 37,04% dan meningkatkan beban maksimum yang dapat ditahan dari 4495 N menjadi 6160 N. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa kombinasi dua jenis serat meningkatkan distribusi beban di dalam matriks resin BQTN-EX sehingga tegangan dapat ditransmisikan lebih merata ke seluruh serat. Sebaliknya, kekuatan tarik komposit 100% serat durian yang lebih rendah diduga disebabkan oleh distribusi serat yang tidak merata, adanya rongga (void), dan ikatan antar serat yang kurang optimal, mengingat sifat mekanik serat alami secara umum masih dipengaruhi oleh kandungan lignin, hemiselulosa, serta perbedaan ukuran diameter serat.

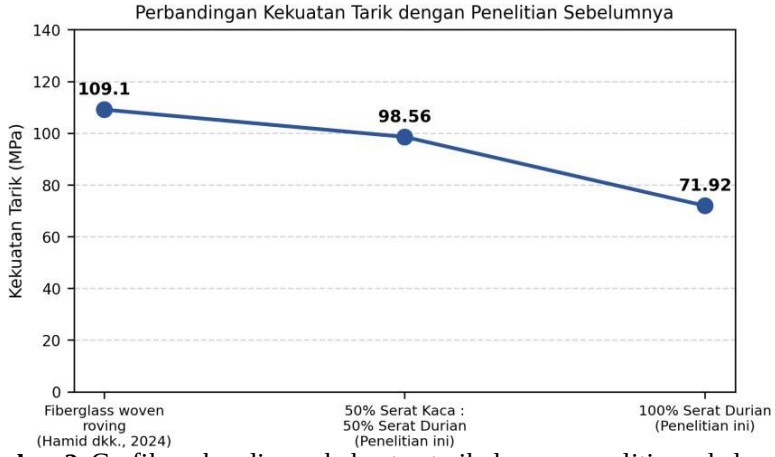
Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu pada Pengujian Tensile Test

Hasil penelitian ini kemudian dibandingkan dengan penelitian Hamid dkk. mengenai komposit fiberglass woven roving dan serat ijuk untuk bodi Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE), yang melaporkan kekuatan tarik tertinggi 109,1 MPa pada komposit fiberglass woven roving tiga lapis [18], [23]. Perbandingan hasil disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Perbandingan hasil penelitian tensile test.

Penelitian	Material Komposit	Kekuatan Tarik (MPa)
Hamid dkk. (2024)	Fiberglass woven roving	109,1
Penelitian ini	50% Serat Kaca : 50% Serat Kulit Buah Durian	98,56
Penelitian ini	100% Serat Durian	71,92

ISSN 2775-5630



Gambar 2. Grafik perbandingan kekuatan tarik dengan penelitian sebelumnya.

Kekuatan tarik komposit hibrida pada penelitian ini hanya sekitar 9,7% lebih rendah dibandingkan komposit fiberglass woven roving tiga lapis pada penelitian Hamid dkk., meskipun 50% material penguatnya digantikan oleh serat durian yang memiliki kekuatan tarik lebih rendah dibandingkan fiberglass. Hal ini menunjukkan bahwa komposit hibrida masih mampu mempertahankan sekitar 90% kekuatan komposit fiberglass murni, sekaligus membuktikan bahwa penambahan 50% serat kaca merupakan komposisi yang lebih efektif dibandingkan penggunaan 100% serat kulit buah durian dalam meningkatkan kekuatan tarik komposit.

Pengaruh Perbandingan Serat terhadap Ketangguhan Impak

Pengujian impact test dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggabungan antara serat kulit buah durian dan serat kaca terhadap sifat mekanik ketangguhan. Hasil pengujian impak dengan metode Charpy disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian impact test dengan metode Charpy.

No. Sampel	Paduan Material (%)	A (mm²)	E (J)	HI (J/mm²)
1	100%	129,03	37,25	0,2887
2	100%	129,03	70,90	0,5495
3	100%	129,03	53,82	0,4171
	Rata-rata		**53,99**	**0,4184**

No. Sampel	Paduan Material (%)	A (mm²)	E (J)	HI (J/mm²)
1	50% : 50%	129,03	101,23	0,7845
2	50% : 50%	129,03	127,84	0,9908
3	50% : 50%	129,03	99,37	0,7701
	Rata-rata		**109,48**	**0,8485**

Komposit 100% serat durian memiliki nilai ketangguhan impak rata-rata sebesar 0,4184 J/mm², sedangkan komposit hibrida 50% serat kaca : 50% serat durian menghasilkan nilai rata-rata sebesar 0,8485 J/mm², atau sekitar dua kali lebih tinggi. Nilai ketangguhan yang lebih rendah pada komposit 100% serat durian menunjukkan bahwa sampel gagal pada energi yang lebih rendah, sehingga kemampuan menahan beban tiba-tiba masih terbatas dibandingkan komposit hibrida.

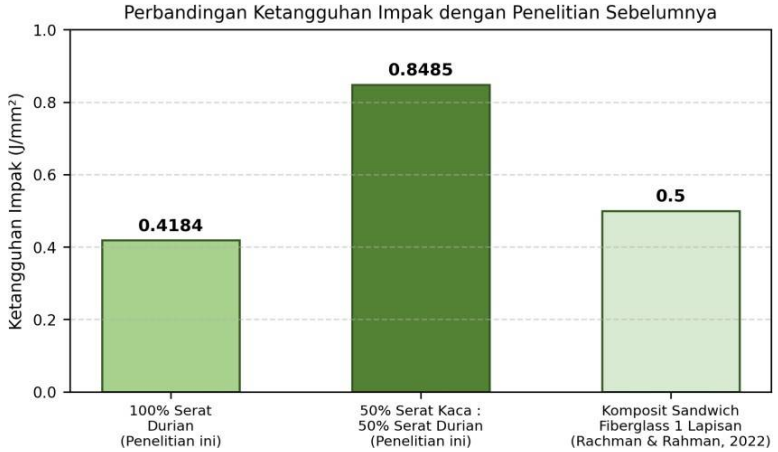
ISSN 2775-5630

Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu pada Pengujian Impact Test

Hasil penelitian ini dibandingkan dengan penelitian Rachman dan Rahman mengenai pengaruh jumlah lapisan fiberglass terhadap sifat mekanik bodi pesawat remote control, yang melaporkan nilai ketangguhan impak tertinggi 0,50 J/mm² pada spesimen komposit sandwich fiberglass satu lapisan dengan energi impak 88,21 J [19]. Perbandingan hasil disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Tabel 4. Perbandingan hasil penelitian impact test.

Penelitian	Material Komposit	Variasi	Energi Impak (J)	Ketangguhan Impak
Penelitian ini	100% Serat Durian	100%	53,99	0,4184 J/mm²
Penelitian ini	Serat Kaca dan Serat Durian	50%:50%	109,48	0,8485 J/mm²
Rachman & Rahman (2022)	Komposit Sandwich Fiberglass	1 Lapisan	88,21	0,50 J/mm²



Gambar 3. Grafik perbandingan ketangguhan impak dengan penelitian sebelumnya.

Komposit hibrida 50% serat kaca : 50% serat durian pada penelitian ini menghasilkan ketangguhan impak sebesar 0,8485 J/mm², lebih tinggi dibandingkan komposit sandwich fiberglass satu lapisan pada penelitian Rachman dan Rahman. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi serat kaca dan serat durian mampu memberikan kemampuan penyerapan energi yang lebih baik dibandingkan konfigurasi komposit sandwich fiberglass murni. Temuan ini sejalan dengan penelitian lain terhadap komposit serat kulit durian dengan variasi perlakuan alkalisasi, yang menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan ketangguhan impak komposit berbasis serat durian sangat dipengaruhi oleh perlakuan permukaan serat serta jenis dan proporsi material penguatnya [20]. Dengan demikian, metode penggabungan serat merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan kualitas mekanik komposit sekaligus mengurangi penggunaan serat sintetis secara penuh, sehingga komposit hibrida berpenguat serat kulit buah durian dan serat kaca berpotensi digunakan sebagai bahan alternatif bodi mobil hemat energi yang ringan, cukup tangguh terhadap benturan, dan lebih ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis sifat mekanik komposit serat kulit buah durian bermatriks polyester BQTN-EX dengan penambahan serat kaca sebagai material alternatif bodi mobil hemat energi, dapat disimpulkan bahwa: (1) penambahan serat kaca pada komposit serat kulit buah durian bermatriks BQTN-EX meningkatkan kekuatan tarik material, dari 71,92 MPa pada komposit 100% serat durian menjadi 98,56 MPa pada komposit hibrida 50% serat kaca

: 50% serat durian, atau meningkat sebesar 37,04%; dan (2) penambahan serat kaca juga meningkatkan ketahanan kejut material, dari nilai ketangguhan impak rata-rata 0,4184 J/mm² pada komposit 100% serat durian menjadi 0,8485 J/mm² pada komposit hibrida, atau meningkat sekitar dua kali lipat. Kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi serat kulit buah durian dan serat kaca menghasilkan komposit hibrida dengan sifat mekanik yang lebih unggul dibandingkan penggunaan serat durian secara tunggal, sehingga berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai material alternatif bodi mobil hemat energi yang ringan dan ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH
Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing dan Kepala Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya atas arahan dan masukan selama penelitian ini, serta kepada Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Malang (UNISMA) atas fasilitas pengujian tarik dan impak yang digunakan dalam penelitian ini.

DEKLARASI KONFLIK KEPENTINGAN
Penulis menyatakan tidak terdapat potensi konflik kepentingan terkait penelitian, kepenulisan, dan/atau publikasi artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA
[1] N. Nayiroh, “Teknologi Material Komposit,” Lecture Material, Universitas Islam Negeri Malang, Malang, 2013.
[2] G. Koronis, A. Silva, and M. Fontul, “Green composites: A review of adequate materials for automotive applications,” Instituto Superior Técnico, Mechanical Engineering Department, Lisbon, Portugal, 2013.
[3] R. Syahputra, “Sifat-Sifat Mekanis Bahan Komposit dengan Serat Kulit Durian Sebagai Bahan Penguat,” Skripsi, Universitas Medan Area, Medan, 2016.
[4] D. Siswanto, “Karakteristik Serat Kulit Waru yang Disusun Laminasi Bermatrik Polyester dengan Orientasi Serat (30°, 35°, 40°) terhadap Sifat Fisis dan Mekanis,” Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2016.
[5] R. LN. Suwandi, Perbanyakan Vegetatif dan Penanaman Waru (Hibiscus tiliaceus) untuk Kerajinan dan Obat. Jakarta: IPB Press, 2014.
[6] J. Feng, Y. Wang, X. Yi, W. Yang, and X. He, “Phenolics from Durian Exert Pronounced NO Inhibitory and Antioxidant Activities,” J. Agric. Food Chem., vol. 64, no. 21, pp. 4273–4279, 2016.
[7] T. Uji, “Keanekaragaman jenis dan sumber plasma nutfah durio (Durio spp.) di Indonesia,” Bul. Plasma Nutfah, vol. 11, no. 1, pp. 28–33, 2005.
[8] Santoso, “Merencanakan kebun durian (Bagian II),” 2016. [Online]. Available: http://www.balitbu.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/hasilpenelitian-mainmenu. [Accessed: 25-Nov-2020].
[9] S. Ketsa, A. Wisutiamonkul, Y. Palapol, and R. E. Paull, “The Durian: Botany, Horticulture, and Utilization,” in Horticultural Reviews, 1st ed., I. Warrington, Ed. Wiley, 2020, pp. 125–211.
[10] R. Muhammad and R. Putra, Bahan Teknik. Buku Bahan Ajar, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh, Aceh, 2014.
[11] P. K. Mallick, Fiber Reinforced Composites: Materials, Manufacturing and Design, 3rd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2008.
[12] H. Fajarudin, “Kekuatan Tarik Material Fiber Carbon dan Fiber Glass Berdasarkan Orientasi Serat Berbasis Matriks Epoxy,” Skripsi, Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2019.
[13] W. E. Saputra, “Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Ketangguhan Impact Komposit Berpenguat Serat Kulit Batang Waru (Hibiscus tiliaceus) Resin Epoxy,” Skripsi, Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2016.
[14] Dany, “Pengujian Impak dan Fenomena Patahan,” 2010. [Online]. Available: http://danidwikw.wordpress.com/2010/12/17/pengujian-impak-dan-fenomena-perpatahan/. [Accessed: 28-Dec-2020].
[15] K. Huda, “Analisis Kekuatan Material Komposit Berpenguat Serat Gelas untuk Pembuatan Helm

Race," Skripsi, Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, 2016.
[16] Firmansyah, "Tensile Test," 2020. [Online]. Available: https://www.detech.co.id/tensile-test/. [Accessed: 27-Nov-2020].
[17] A. S. Wijaya, "Pembuatan Sample Material Chassis dengan Panduan Al-Mg pada Kendaraan Urban Bensin KMHE," Politeknik Negeri Madura, Sampang, 2019.
[18] A. Hamid, I. Yoanda, A. D. Wilujeng, and M. Fatah, "Studi Perbandingan Komposit dari Fiberglass dan
Serat Ijuk untuk Body pada Kontes Mobil Hemat Energi," J. Appl. Mech. Eng. Renew. Energy, vol. 4, no. 1, pp. 11–14, 2024.
[19] T. F. Rachman and J. Rahman, "Pengaruh Jumlah Lapisan Fiberglass terhadap Sifat Mekanik Body Pesawat Remote Control," 2022.
[20] M. Badri, A. Chaerunissa, M. Dalil, and S. I. Saputra, "Kekuatan Tarik dan Impak Komposit Matrik Polimer Serat Kulit Durian dengan Variasi Perlakuan Alkalisasi (NaOH, NaOH+H_2O_2, dan KOH) Serat," J. Rekayasa Mater. Manuf. Energi, vol. 8, no. 1, pp. 129–135, 2025.
[21] M. Emanuel, "Karakteristik Kekuatan Komposit Serat Kulit Pohon Sono Keling dengan Variasi Jumlah Lapisan Serat pada Matriks Polyester," Skripsi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2017.
[22] Jemmarwantik, "Material Engineering," 2017. [Online]. Available: https://materialengineeringranggaagung.wordpress.com/author/jemmarwantik/. [Accessed: 16-Jan-2021].
[23] R. Fadilah and G. Widyaputra, "Analisis Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Material Komposit pada Body Mobil Listrik Prosoe KMHE 2019," J. Tek. Mesin, vol. 9, no. 2, pp. 124–130, 2020.
I. Anwar, J. Rahman, H. Setiawan, and Syawaldi, "Pengaruh Perlakuan Panas terhadap Sifat Mekanik Baja AISI 1045 dengan Media Pendingin Air," J. Tek. Mesin, vol. 10, no. 3, pp. 152–157, 2