



Analisis Variasi Serat Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Hybrid dari Serat Sabut Kelapa, Fiberglass, dan Epoxy

Mochammad Rifki Ramadhani

Program Studi Teknik Mesin Universitas Muria Kudus
Jl. Lkr. Utara, Kayuapu Kulon, Gondangmanis, Kec. Bae, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah 59327

Ratri Rahmawati*

Program Studi Teknik Mesin Universitas Muria Kudus
Jl. Lkr. Utara, Kayuapu Kulon, Gondangmanis, Kec. Bae, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah 59327

Rianto Wibowo

Program Studi Teknik Mesin Universitas Muria Kudus
Jl. Lkr. Utara, Kayuapu Kulon, Gondangmanis, Kec. Bae, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah 59327

Sigit Arrohman

Program Studi Teknik Mesin Universitas Jenderal Soedirman
Jl. Profesor DR. HR Boenyamin No.708, Dukuhbandong, Grendeng, Kec. Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53122

Korespondensi penulis: ratri.rahmawati@umk.ac.id

Abstract.

The growing demand for lightweight, strong, and eco-friendly materials has encouraged the development of natural fiber-reinforced composites. This study investigates the mechanical properties of hybrid composites made from coconut coir fiber, fiberglass, and epoxy resin. The aim is to evaluate the effect of different fiber volume fractions on the tensile, impact, and flexural strength of the material. Specimens were fabricated using the hand lay-up method with three fiber volume variations: A (10% coir, 20% fiberglass), B (15%:15%), and C (20%:10%), with epoxy matrix fixed at 70%. Mechanical tests followed ASTM D-3039, D-5924, and D-790 standards. The results revealed that Fraction C exhibited the best performance with tensile strength of 25.52 MPa, impact energy of 11.18 J/m², and flexural strength of 71.86 MPa. These values are comparable to or exceed the minimum requirements for helmet shell materials as specified by SNI 1811-2007. Therefore, this hybrid composite shows great potential as an alternative protective material for motorcycle helmets while adding value to local biomass waste.

Keywords: hybrid composite, coir fiber, mechanical strength.

Abstrak.

Permintaan akan material ringan, kuat, dan ramah lingkungan semakin meningkat seiring berkembangnya kebutuhan industri modern. Salah satu solusi potensial adalah material komposit berbasis serat alami, seperti serat sabut kelapa, yang dikombinasikan dengan fiberglass dan resin epoxy untuk menghasilkan komposit hibrida. Penelitian ini bertujuan

untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume serat sabut kelapa dan fiberglass terhadap sifat mekanik (kekuatan tarik, impak, dan bending) komposit hibrida. Spesimen dibuat dengan metode hand lay up menggunakan tiga variasi fraksi: A (10% sabut kelapa, 20% fiberglass), B (15%:15%), dan C (20%:10%), dengan epoxy tetap 70%. Pengujian dilakukan berdasarkan standar ASTM D-3039, D-5924, dan D-790. Hasil menunjukkan bahwa fraksi C memberikan performa terbaik dengan kekuatan tarik sebesar 25,52 MPa, energi impak 11,18 J/m², dan kekuatan lentur 71,86 MPa. Nilai-nilai tersebut mendekati bahkan melampaui standar minimum bahan helm menurut SNI 1811-2007. Komposit hibrida ini memiliki potensi besar sebagai material alternatif pada industri pelindung seperti helm sepeda motor, sekaligus meningkatkan nilai ekonomis limbah biomassa lokal.

Kata kunci: komposit hibrida, serat sabut kelapa, kekuatan mekanik.

LATAR BELAKANG

Konsumsi material yang terus meningkat di berbagai sektor industri mendorong rekayasawan untuk mencari alternatif material yang ramah lingkungan dengan sifat mekanik yang baik. Proses pemenuhan kebutuhan material kini semakin berkembang, dengan karakteristik yang semakin beragam. Penelitian terkini menunjukkan bahwa pengadaan material yang tepat guna tidak hanya bergantung pada sifat mekanik terbaik, melainkan juga pada aspek keberlanjutan dan dampak lingkungan. Material komposit, yang dihasilkan melalui rekayasa sifat polimer dengan variasi serat, menawarkan solusi yang menjanjikan, karena dapat menghasilkan material dengan karakteristik yang mirip dengan logam. (Utama & Zakiyya, 2016)

Komposit merupakan kombinasi dari dua atau lebih bahan yang memiliki sifat fisika dan kimia yang berbeda, di mana sifat mekanik dari setiap material pembentuknya juga bervariasi. (Widodo & Iswanto, 2022) Saat ini, perkembangan material komposit mulai beralih ke penggunaan serat alami sebagai bahan penguat, mengingat sifatnya yang ramah lingkungan, biaya yang relatif murah, serta kemudahan dalam proses penguraian oleh lingkungan. Salah satu contoh serat alami yang menjanjikan adalah serat sabut kelapa, yang telah menjadi fokus penelitian untuk mengembangkan komposit dengan biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan dengan komposit sintetis. (Boangmanalu et al., 2024)

Inti dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan uji tarik, uji impak, uji bending terhadap sifat mekanik komposit serat sabut kelapa dan serat kaca.

Hasil penelitian diharapkan dapat menunjukkan bahwa material komposit ini memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam industri, khususnya dalam pembuatan helm sepeda motor, serta meningkatkan nilai ekonomis dari serat sabut kelapa itu sendiri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui metode pembuatan spesimen bending dan impact menggunakan metode hand lay up, serta untuk mengevaluasi kekuatan impact dan nilai kekuatan bending dari komposit yang dihasilkan (Al'farisi et al., 2023).

KAJIAN TEORITIS

a) Komposit

komposit merupakan gabungan antara dua atau lebih material dalam skala *macroscopic* untuk membentuk material baru yang lebih bermutu. Pencampuran kedua material yang berbeda sifat tersebut diharapkan dapat memberikan material yang lebih unggul dari material sebelumnya. Jones (1999) Komponen komposit terdiri atas penguat dan matrik. Menurut (Sirait, 2020) material komposit memiliki sifat yang lebih bagus daripada logam, material komposit ini memiliki sifat kekuatan yang tinggi (*tailorability*), memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekakuan jenis modulus *Young density* yang lebih tinggi dari pada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi.

b) Komposit Hibrida

Komposit Hibrida merupakan suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih serat didalam matrik, dimana sifat mekanik dari material pembentuknya berbeda-beda. Dikarenakan karakteristik pembentuknya berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru, khususnya kombinasi dipilih untuk menyeimbangkan dan memberikan keuntungan stabilitas dimensional salah satunya pengurangan biaya (Paul, 2019).

c) Serat Penguat dan Matriks

Secara umum serat yang sering digunakan sebagai *filler* adalah serat buatan seperti serat gelas, karbon, dan grafit. Serat buatan memiliki keunggulan tetapi mahal. Pemakaian serat alam sebagai pengganti serat buatan dapat menjadi alternatif untuk

menurunkan biaya produksi. (Utama & Zakiyya, 2016). Sedangkan Serat alam merupakan serat yang berasal dari tumbuhan dan hewan berbentuk seperti benang. Beberapa penelitian telah mengungkap potensi serat sabut kelapa dalam meningkatkan sifat mekanik komposit. Menurut (Astika et al., 2020) kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan kekuatan impact dari komposit serat sabut kelapa berbanding lurus dengan ukuran panjang dan volume serat yang digunakan.

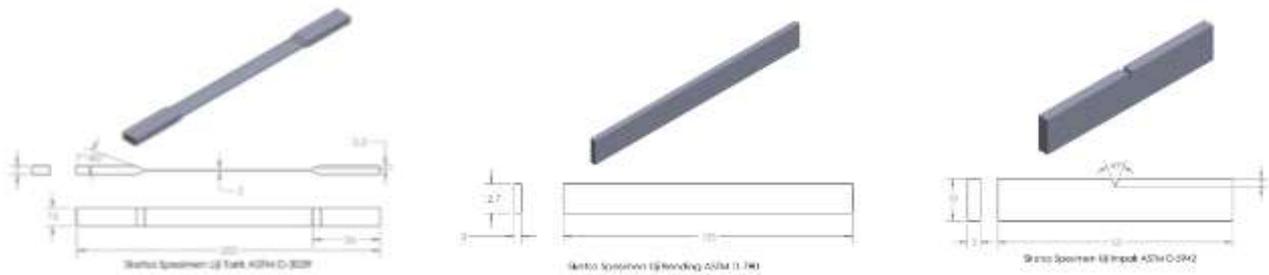
Matriks atau bahan pengikat berfungsi sebagai perekat untuk bahan penguat dan mentransfer gaya yang diserap oleh bahan pengikat ke bahan penguat. Bahan pengikat juga berguna untuk mencegah atau sarana memperlambat robek dengan memisahkan serat dalam komposit, memungkinkan masing-masing serat untuk bertindak secara terpisah untuk menahan gaya. Selain itu, pengikat dapat melindungi tulangan dari kerusakan kimia dan abrasi. Matriks juga berperan sebagai penyalur beban langsung yang bertujuan untuk mendistribusikan beban ke serat-serat sebagai bahan modulus kekuatan tinggi sebelum proses perpatahan terjadi. (Edi & Iswanto, 2020)

d) Penelitian Terdahulu

Pada penelitian sebelumnya yang membahas tentang pengaruh kelayakan variasi serat menggunakan metode *hand lay up* sebagai material pengganti untuk pembuatan helm menunjukkan hasil terbaik pada Nilai ketangguhan impak yang terdapat pada komposisi 50% serat dan 50% resin sebesar 271.311,29 J/m². Nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan ketangguhan impak material helm SNI 18111-2007 sebesar 9.720 J/m². (Al'farisi et al., 2023) Selain itu, pada penelitian yang dilakukan Ubaidillah et al. (2024) menemukan bahwa variasi fraksi volume serat kelapa memengaruhi kekuatan tarik komposit secara signifikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muria Kudus untuk Pengolahan dan Laboratorium Universitas Sanatha Darma untuk Pengujian. Penelitian ini memakan waktu selama 4 bulan. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM (American Standard Testing and Material) dengan menggunakan ASTM D-3039 untuk Pengujian Kekuatan Tarik, ASTM D-5924 untuk Pengujian Impak, dan ASTM D-790 untuk Pengujian Lentur.



Gambar 1. Sketsa 3d dan 2d dari bentuk Spesimen Uji

Proses persiapan membutuhkan beberapa alat diantaranya timbangan digital, akrilik, jangka sorong, penggaris, amplas. dan bahan yang digunakan Serat Sabut Kelapa, Fiberglass, dan Resin Epoxy Eposchon A + Hardener. Proses pembuatan komposit serat dari serat sabut kelapa dan fiberglass dengan resin epoxy adalah sebagai berikut Persiapan alat dan bahan, Pencampuran Bahan yaitu arah serat abstrak tidak beraturan dan matrik epoxy serta hardener dengan perbandingan 2:1, Pencetakan spesimen dengan metode hand lay up dengan akrilik sebagai cetakan, Pengeringan yang membutuhkan waktu 9-12 jam, Finishing yaitu pemotongan sesuai dengan standart ASTM yang digunakan.

Tabel 1. Variasi Fraksi Volume

No	Fraksi	Serat Sabut Kelapa	Fiberglass	Matriks Epoxy
1	Fraksi A	10%	20%	70%
2	Fraksi B	15%	15%	70%
3	Fraksi C	20%	10%	70%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil eksperimen langsung pembuatan serat dengan variasi fraksi volume matriks 10%:20%:70%, 15%:15%:70%, 20%:10%:70% akan dilihat perbandingan nya setelah dilakukan pengujian tarik, impak, dan bending untuk mendapatkan komposisi variasi serat fraksi terbaik.

1. Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik dan regangan tarik komposit serat sabut kelapa. Pengujian mengacu pada standar uji tarik ASTM D 3039. Mesin yang digunakan yaitu Gotech Testing Machines dilakukan di laboratorium Universitas Sanatha Darma . Pada tabel 3.1 disajikan hasil pengolahan data pengujian tarik komposit serat sabut kelapa diantaranya meliputi nilai tegangan tarik dan regangan tarik. Untuk Mencari nilai Tegangan tarik (Mpa)

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dengan:

σ = Kekuatan Tarik (MPa).

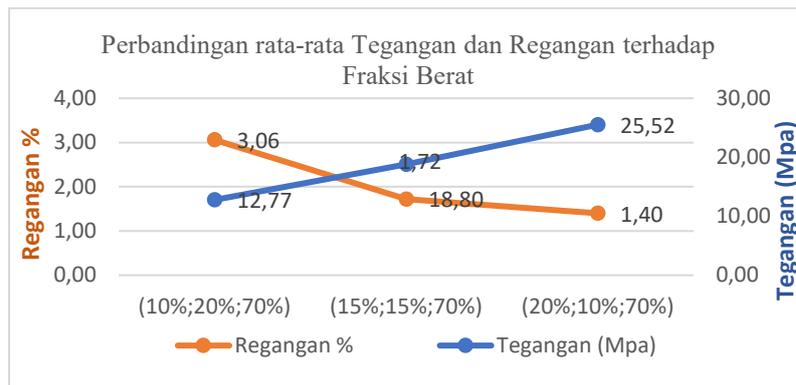
P = Beban Maksimal (N).

A = Luas penampang (mm²)

Tabel 3.1 Tabel Data Hasil Pengujian Tarik

No	Fraksi Berat	Kode Spesimen	Tegangan (Mpa)	Regangan %	Modulus Elastisitas N/mm ²
1	(10%;20%;70%)	A	12,77	3,06	0,43
2	(15%;15%;70%)	B	18,80	1,72	1,08
3	(20%;10%;70%)	C	25,52	1,40	1,89

Berdasarkan data pengujian pada tabel 3.1 jika disajikan dalam sebuah grafik didapat grafik seperti dibawah ini



Gambar 3. 1 Perbandingan rata-rata Tegangan dan Regangan terhadap Fraksi Berat specimen Uji Tarik ASTM D-3039

Dari Hasil Pengujian Tarik didapatkan hasil dari tiap fraksi yang berbeda. Kekuatan Tarik tertinggi terdapat pada variasi fraksi C yaitu 25,52 Mpa. Hal ini dipengaruhi perbandingan serat sabut kelapa yang lebih banyak dapat menjadi kekuatan tumpu saat ditarik sehingga tidak mudah putus. Kekuatan Tarik Terendah terdapat pada fraksi A yaitu 12,27 Mpa. Hal ini dipengaruhi oleh perbandingan serat sabut kelapa yang lebih sedikit dibanding fiberglass sehingga specimen memiliki sifat lebih getas dibanding specimen lainnya. (Zulkifli et al., 2020).

2. Hasil Pengujian Impak Charpy

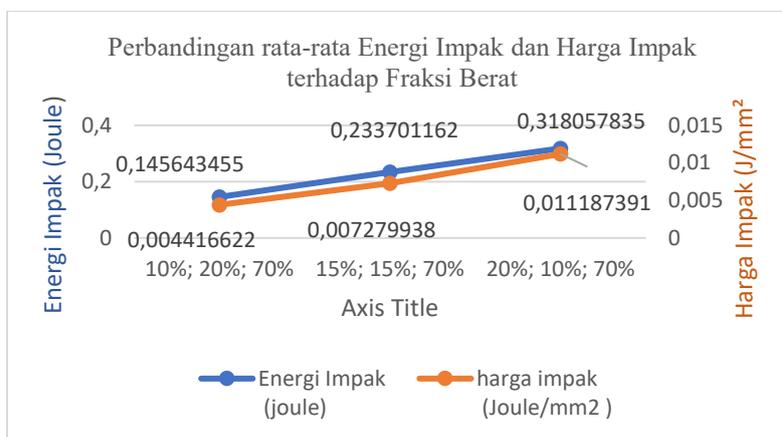
Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui ketahanan specimen uji dalam menerima beban kejut dengan cara mengukur perubahan energi potensial sebuah pendulum yang diayunkan dari ketinggian tertentu pada komposit serat sabut kelapa. (Dian Al dkk., 2023) Pengujian mengacu pada standar uji tarik ASTM D-5924. Pada tabel 3.2 disajikan hasil pengolahan data pengujian tarik komposit serat sabut kelapa diantaranya meliputi nilai energi impak dan harga impak.

Tabel 3.2 Tabel Data Hasil Pengujian Impak

No	Fraksi Berat	Energi Impak (joule)	harga impak (Joule/mm ²)
A	10%; 20%; 70%	0,145643455	0,004416622
B	15%; 15%; 70%	0,233701162	0,007279938

C 20%; 10%; 70% 0,318057835 0,011187391

Berdasarkan data pengujian pada tabel 3.2 jika disajikan dalam sebuah grafik didapat grafik seperti dibawah ini



Gambar 3. 2 Perbandingan rata-rata Energi Impak dan Harga Impak terhadap Fraksi Berat Pengujian Impak Charpy ASTM D-5924

Dapat dilihat pada Gambar 3.2 menunjukkan rata-rata energi impak dengan fraksi A adalah 0,145 J, fraksi B adalah 0,233 J, dan fraksi C adalah 0,318 J. Sedangkan hasil rata-rata harga impak dengan fraksi A adalah 0,00441 J/mm², fraksi B adalah 0,00727 J/mm², dan fraksi C adalah 0,01118 J/mm². Dari data yang di peroleh menunjukkan kenaikan energi impak dan harga impak di setiap fraksi volume, bahwa semakin besar variasi serat sabut kelapa yang digunakan dalam pembuatan komposit akan menaikkan kekuatan impaknya. Semakin banyak serat sabut kelapa yang digunakan dalam pembuatan material menghasilkan nilai kekuatan impak yang semakin baik pula. (Boangmanalu et al., 2024) Penurunan kekuatan impak yang terjadi dipengaruhi oleh ikatan antar serat yang kurang baik sehingga timbul adanya *void* atau rongga kosong yang dapat menurunkan kekuatan material tersebut. (Zulkifli et al., 2020)

3. Hasil Pengujian Bending

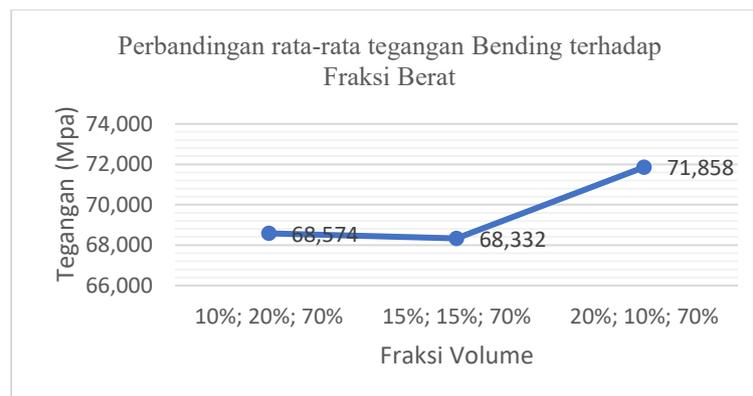
Pengujian bending bertujuan untuk mengetahui kegetasan dan keuletan suatu bahan yang ditekan dengan beban dan diberikan tunpuan 60 mm yang mengacu pada standar uji bending untuk mengetahui kekuatan komposisi serat terbaik ASTM D-790.

Pada tabel 3.3 disajikan hasil pengolahan data pengujian tarik komposit serat sabut kelapa yang berisi Tegangan (Mpa).

Tabel 3.3 Tabel Data Hasil Pengujian Bending

No	fraksi berat	kode spesimen	σ_{fm} (Mpa)
1	10%; 20%; 70%	A	68,574
2	15%; 15%; 70%	B	68,332
3	20%; 10%; 70%	C	71,858

Berdasarkan data pengujian pada tabel 3.3 jika disajikan dalam sebuah grafik didapat grafik seperti dibawah ini



Gambar 3. 3 Perbandingan rata-rata tegangan Bending terhadap Fraksi Berat Pengujian Bending ASTM D-790

Berdasarkan data yang dihasilkan dari pengujian bending seperti yang sudah ditampilkan pada Gambar 3 di atas, dimana pada gambar grafik tersebut menunjukkan hasil pengujian yang bervariasi. Hal tersebut tidak terlepas dari variabel penelitian. Data menunjukkan bahwa hasil rata-rata tegangan bending komposit serat sabut kelapa dengan fraksi C sebesar 71,858 MPa, komposit serat sabut kelapa mengalami penurunan pada fraksi A yang memiliki tegangan bending sebesar 68,574 MPa, sedangkan nilai tegangan bending terendah diperoleh komposit pada fraksi B yaitu menjadi 68,332 MPa. Menurunnya hasil rata-rata tegangan bending dengan fraksi berat komposit serat sabut kelapa ini disebabkan proses preforasi kurang maksimal yaitu dengan semakin banyaknya

serat sabut kelapa yang digunakan mengakibatkan lamanya proses pengeringan sehingga terdapat void dan basah didalam spesimen. (Sunardi dkk, 2015).

4. Pengamatan struktur Makro Pada Material Komposit Hybrid



Gambar 4. Hasil Foto Makro Pada Material Komposit Hybrid

Berdasarkan foto makro terhadap spesimen uji, pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa masih terlihat void atau rongga pada spesimen uji yang disebabkan karena pada saat proses pembuatan material, matriks/resin tidak dapat mengikat serat sabut kelapa secara merata, sehingga timbul celah diantara serat yang tidak terisi oleh matriks/resin tersebut, hal ini juga disebabkan oleh kurang meratanya saat melakukan peletakan serat pada cetakan. Hal ini mengakibatkan tingkat penyatuan atau pengikatan antara serat dengan resin belum sempurna yang dapat mempengaruhi hasil kekuatan dari spesimen komposit serat. (Zulkifli et al., 2020)

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa: Hasil pengujian tarik komposit serat sabut kelapa dan fiberglass tertinggi diperoleh pada fraksi berat C (20%;10%;70%) sebesar 25,52 MPa. nilai ini sedikit lebih kecil dibandingkan kekuatan tarik bahan helm SNI 1811-2007 yang sebesar 33,93 Mpa. (Utama & Zakiyya, 2016) Peningkatan kekuatan tarik dari fraksi A-C disebabkan adanya peningkatan jumlah serat, dan mengalami penurunan kekuatan tarik yang disebabkan komposisi matrik yaitu saat presentase fiberglass ditambah mengakibatkan benda uji menjadi lebih getas sehingga kekuatan tariknya menurun, selain itu perbandingan jumlah resin, dan peletakan susunan serat kelapa memengaruhi ikatan antara resin dengan serat yang tidak sempurna dan menghasilkan void pada material. Hasil pengujian impak komposit serat sabut kelapa dan fiberglass menunjukkan nilai energi impak tertinggi diperoleh pada fraksi C (20%;

10%; 70%) sebesar 0,011187391 J/mm, atau 11,187 J/m. nilai ini lebih tinggi dibandingkan ketangguhan impact bahan helm SNI 1811-2007 sebesar 9.720 J/m². (Dian Al dkk., 2023) Dari data yang diperoleh menunjukkan naiknya nilai energi impact dan harga impact di setiap fraksi berat. Disebabkan oleh semakin banyak serat sabut kelapa yang digunakan dalam pembuatan material menghasilkan nilai kekuatan impact yang semakin baik. Hasil pengujian lengkung (bending) komposit serat sabut kelapa dan fiberglass menunjukkan nilai kekuatan bending tertinggi diperoleh pada fraksi C (20%; 10%; 70%) sebesar 71,858 Mpa. Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian material komposit serat sabut kelapa yang telah dilakukan masih memenuhi syarat sebagai bahan alternative untuk sungkup helm.

DAFTAR REFERENSI

- Hidayat, I. S. (2024). Analisis kekuatan tarik dan kekuatan impact komposit serat serabut kelapa dan fiberglass (Doctoral dissertation, Universitas PGRI Semarang).
- Kurniawan, V. P. A., Ikhsan, M., Setiajit, S. B., Permana, I., & Pratama, R. A. (2025). Pengaruh perbandingan jarak anyaman serabut kelapa pada komposit hybrid terhadap sifat mekanik uji tarik. *Jurnal Teknologi Rekayasa Elektro, Material dan Manufaktur*, 1(1), 12–19.
- Nugroho, F. A., Hakam, M., & Primaningtyas, W. E. (2022). Pengaruh kombinasi serat karbon-serat sabut kelapa terhadap kekuatan impact dan bending pada aplikasi helm sepeda motor. In *Proceedings Conference On Design Manufacture Engineering And Its Application*, 6(1).
- Nurfatihayati, N., Alfarisi, C. D., Drastinawati, D., Khairat, K., Akbar, M., & Maharani, C. (2023). Pembuatan komposit dari serat sabut kelapa dan resin polyester sebagai material untuk helm. *Journal of Bioprocess, Chemical and Environmental Engineering Science*, 4(2), 57–64.
- Rollastin, B. (2017). Material biokomposit sebagai material alternatif sungkup helm. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 9(1), 6–11.
- Sasria, N. (2022). Composite manufacturing of coir fiber-reinforced polyester as a motorcycle helmet material. *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, 6(1), 48–56.

- Setiawan, A., Ramadani, T. A., & Ashari, M. L. (2020). Sintesis dan karakterisasi komposit fiber sabut kelapa sawit dengan resin epoksi. *Jurnal Teknologi Terapan*, 6(1), 76–83.
- Shaleh, Y. (2023). Karakterisasi kekuatan tarik dan bending komposit hybrid serat tandan kosong kelapa sawit dengan serat gelas.
- Utama, F. Y., & Zakiyya, H. (2016). Pengaruh variasi arah serat komposit berpenguat hibrida fiberhybrid terhadap kekuatan tarik dan densitas material dalam aplikasi body part mobil. *Mekanika*, 15(2).
- Zulkifli, Z., Dharmawan, I. B., & Anhar, W. (2020). Analisa pengaruh perlakuan kimia pada serat terhadap kekuatan impak Charpy komposit serat sabut kelapa bermatriks epoxy. *Jurnal Polimesin*, 18(1), 47–52.