

Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Gambas Dan Perlakuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Terhadap Kekuatan Impak Komposit Helm Bermatriks Resin Epoksi – Pati Singkong

Ivan Saputra¹, Fabrobi Fazlur Ridha², Zaid Sulaiman³

^a Teknik Mesin, Universitas Nusa Putra, Sukabumi, Indonesia

¹ivan.saputra_tm21@nusaputra.ac.id; ²frridha@gmail.com ³zaid.sulaiman@nusaputra.ac.id

ABSTRAK

Helm merupakan perlengkapan keselamatan penting, namun bahan ABS yang umum digunakan tidak ramah lingkungan. Penelitian ini mengembangkan komposit helm berbasis serat gambas (*Luffa acutangula*) dan resin epoksi-pati singkong, dengan perlakuan alkalisasi serat menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Variasi fraksi volume serat (30%, 40%, 50%) dan waktu perendaman (2, 4, 6 jam) diuji terhadap kekuatan impak menggunakan metode hand lay-up. Hasil menunjukkan kekuatan impak tertinggi (7,02 kJ/m²) pada fraksi serat 40% dengan perendaman 6 jam, jauh lebih tinggi dibanding kontrol (1,63 kJ/m²). Peningkatan ini disebabkan oleh ikatan serat-matriks yang lebih baik, ditunjukkan oleh pola patahan hibrid. Namun, anomali penurunan kekuatan terjadi pada perendaman 4 jam akibat kemungkinan degradasi serat. Penelitian ini menegaskan pentingnya optimasi proses untuk meningkatkan performa komposit alami sebagai alternatif helm ramah lingkungan.

Kata kunci

Serat Gambas,
Komposit,
Kekuatan
Impak, Resin
Epoksi, Pati
Singkong,
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

1. Pendahuluan

Helm merupakan salah satu perlengkapan keselamatan esensial bagi pengendara sepeda motor, berfungsi vital dalam melindungi kepala dari benturan saat terjadi kecelakaan. Saat ini helm berbahan Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) banyak digunakan karena efisiensi proses produksinya. Namun sifat non-biodegradable dari bahan ABS menimbulkan permasalahan lingkungan serius akibat akumulasi limbah plastik [1].

Salah satu solusi yang terus dikembangkan adalah pemanfaatan material komposit berbasis bahan alami. Komposit didefinisikan sebagai gabungan dua atau lebih material berbeda, umumnya terdiri dari bahan pengisi (reinforcement) dan matriks. Serat alam, seperti gambas (*Luffa actangula*), menawarkan alternatif pengganti serat sintesis karena sifatnya yang lebih ramah lingkungan dan ketersediaannya melimpah di Indonesia. Meskipun penelitian mengenai serat gambas sebagai bahan penguat komposit terbatas, potensi penggunaannya dalam aplikasi seperti helm sangat menjanjikan [2][3].

Untuk matriks, resin epoksi dipilih karena memiliki daya rekat yang kuat terhadap serat. Selain itu, penambahan pati singkong diintegrasikan untuk meningkatkan sifat biodegradabilitas komposit, sehingga lebih mudah terurai oleh mikroorganisme. Umumnya, serat alami diberikan perlakuan alkali menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH) untuk meningkatkan kompatibilitas dengan matriks. Namun, NaOH dapat berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan penggunaan Kalsium Hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai alternatif yang lebih aman dan mudah terurai [4][5][6].

Penelitian ini berfokus pada pengaruh serat gambas, resin epoksi dan pati singkong, serta perlakuan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap kekuatan impak komposit. Harapannya, komposit ini dapat menjadi bahan alternatif helm yang lebih ramah lingkungan dan memenuhi standar SNI[7][8].

2. Metode dan bahan

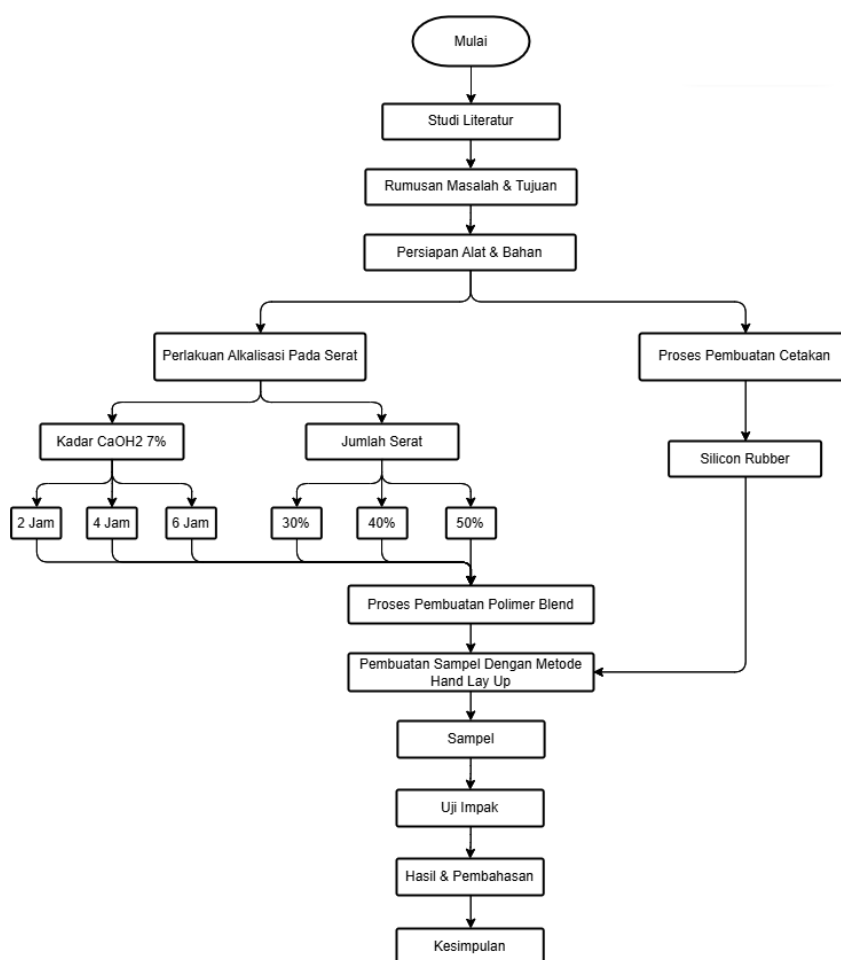
Dalam penelitian ini, menggunakan metode eksperimen, yang di mana artinya melakukan pengamatan dan mengubah beberapa faktor dalam kondisi yang dikendalikan untuk mengumpulkan data. tujuannya adalah untuk memahami hubungan antara faktor yang di ubah variabel independen (yang dimanipulasi) dan apa yang di ukur variabel dependen, pada penelitian ini parameter terbagi

menjadi dua: parameter tetap dan parameter yang di variasikan.

Parameter tetap merupakan variable yang dijaga konstan selama percobaan, seperti pada jumlah pati singkong sebanyak 1 gram, dan ukuran cetakan spesimen uji impak. parameter ini tidak diubah agar hasil pengujian dapat dibandingkan secara objektif.

Sementara itu, parameter yang divariasikan meliputi fraksi volume antara serat gambas dan resin (50:50, 60:40, dan 70:30) serat waktu perendaman serat dalam larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (2 jam, 4j am, dan 6 jam). Variasi ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana perubahan komposisi serat dan durasi perendaman mempengaruhi nilai kekuatan impak dari komposit helm yang dihasilkan.

Untuk mempermudah proses pada penelitian ini dibuat diagram alir seperti pada gambar 1



Gambar 1 diagram alir

2.1. Material

Penelitian ini menggunakan serat gambas, resin epoksi, dan kalsium hidroksida Ca(OH)_2 sebagai material utama dalam pembuatan material komposit helm. Serat gambas (*Luffa actangula*) berfungsi sebagai penguat alami, sedangkan kombinasi resin epoksi dan pati singkong membentuk matiks polimer. Untuk meningkatkan ikatan antar muka serat-matiks, perlakuan alkalisasi pada serat dilakukan menggunakan larutan Ca(OH)_2

Tabel 1. Spesifikasi dan keterangan bahan penelitian

Material	Spesifikasi
Serat Gambas	Serat alami kering
Resin Epoksi	Resin epoksi + Hardener
Pati Singkong	1 Gram
Ca(OH)_2	7%

2.2. Proses pembuatan spesimen uji impact

Pada penelitian ini, spesimen uji impact dibuat menggunakan metode *hand lay-up* sesuai dengan standar ASTM D6110. Proses pembuatan diawali dengan perendaman serat gambas dalam larutan Ca(OH)_2 7% selama 2, 4, dan 6 jam. Setelah direndam, serat dicuci bersih dan dikeringkan pada suhu ruangan.

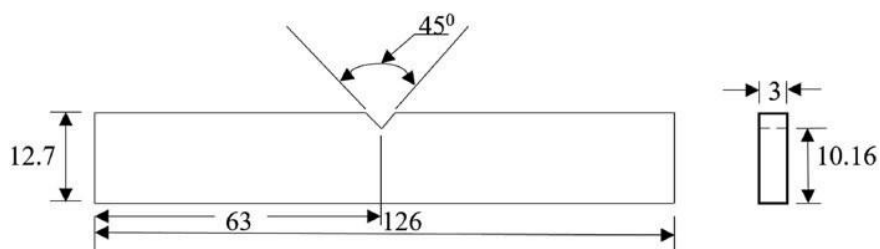
Resin epoksi dicampur dengan *hardener* dengan perbandingan 2:1, lalu ditambahkan pati singkong sebanyak 1 gram. Serat gambas yang telah kering kemudian diletakkan pada cetakan, lalu resin dituangkan secara perlahan.

Cetakan dibuat dengan dimensi sesuai spesimen uji impact menggunakan bahan silikon RTV-48. Proses pencetakan dilakukan secara manual, dan setelah penuh, cetakan ditutup menggunakan kaca untuk memastikan permukaan komposit rata. Selanjutnya, spesimen dibiarkan mengering selama ± 24 jam hingga proses *curing* selesai dan siap untuk pengujian impact. Parameter variasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter variasi

SAMPLE	Resin : Serat	KOMPOSISI		Uji Impak
		Ca(OH) ₂ 7%	Pati Singkong	
F30A72P3	70% : 30%	2 Jam	1 gram	✓
F30A74P3	70% : 30%	4 Jam	1 gram	✓
F30A76P3	70% : 30%	6 Jam	1 gram	✓
F40A72P3	60% : 40%	2 Jam	1 gram	✓
F40A74P3	60% : 40%	4 Jam	1 gram	✓
F40A76P3	60% : 40%	6 Jam	1 gram	✓
F50A72P3	50% : 50%	2 Jam	1 gram	✓
F50A74P3	50% : 50%	4 Jam	1 gram	✓
F50A76P3	50% : 50%	6 Jam	1 gram	✓
Resin+ Pati		-		✓

Total sebanyak 10 spesimen uji impak telah dibuat dengan variasi fraksi volume serat gandas dan waktu perendaman dalam larutan Ca(OH)₂ serat satu spesimen variable kontrol. Spesimen uji impak berbentuk balok takik sesuai dengan standar ASTM D6110, seperti ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2 dimensi spesimen uji impak [9].

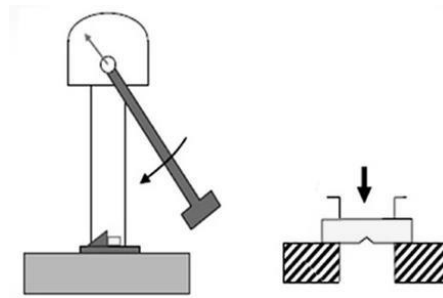
Setelah proses pencampuran bahan dan pencetakan menggunakan metode hand lay-up selesai dilakukan, spesimen komposit dibiarkan mengering selama ±24 jam. Hasil akhir dari spesimen uji impak yang telah mengeras dan siap untuk dilakukan pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 4 hasil cetak spesimen

2. 3. Proses pengujian spesimen

Skema proses pengujian impak ditampilkan pada Gambar 2, sedangkan alat uji yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3, dan spesifikasinya disajikan pada Tabel 2. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D6110, yang digunakan untuk menentukan kekuatan impak material komposit berbentuk balok takik. Spesimen disiapkan sesuai dimensi standar, kemudian diletakkan secara horizontal pada dua tumpuan alat uji dengan posisi takik menghadap arah datangnya palu pendulum. Palu dilepaskan secara otomatis untuk menghantam bagian tengah spesimen hingga patah. Nilai kekuatan impak dalam satuan kJ/m² langsung terbaca pada tampilan mesin dan digunakan sebagai parameter utama dalam menilai ketangguhan spesimen terhadap beban benturan.



Gambar 5 skema peletakan spesimen uji impak [10]



Gambar 6 mesin uji impak standar ASTM D6110 [11]

Tabel 3 spesifikasi mesin

<i>Spesifikasi</i>	<i>Universal Testing Machine</i>
Tipe	Impact Testing Machine HIT5.5P
Fungsi	Izod dan Charpy
Energi impak	337-01261-21 0,5 Joule, 1 joule, 2 joule, 2,7 joule, 4 joule, 5 joule, dan 5,4 joule
Kapasitas	Metals and Plastics
Standart	DIN 50115, ISO 179-1, ASTM D6110, ISO 180, ASTM D256 (notched), dan ASTM D4812 (without notch)
	250V, 5A, Slow-Blow (220-240V)

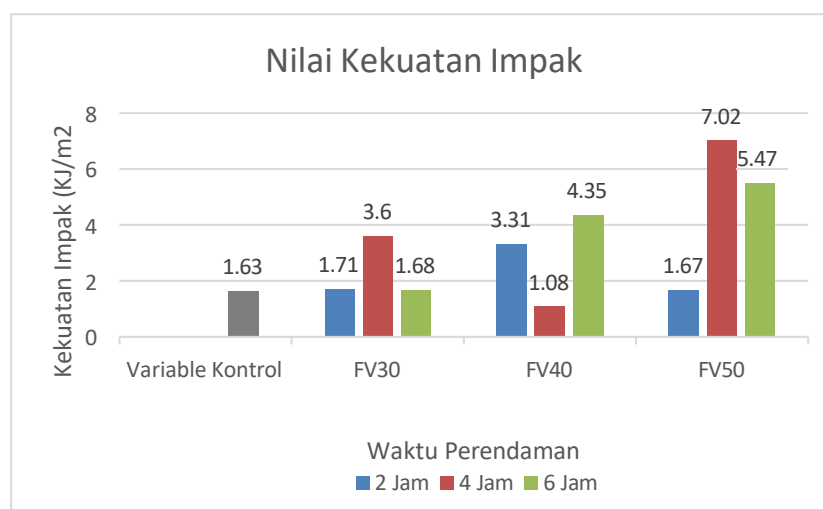
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil uji impact

Setelah dilakukan pengujian impact terhadap spesimen komposit helm motor berbahan resin epoksi-pati singkong dengan variasi fraksi volume serat gambas dan waktu perendaman dalam larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, diperoleh data kekuatan impact sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 hasil uji impact

Kode Sample	Fraksi Volume	Waktu Perendaman	Kekuatan Impact (kJ/m^2)	Jenis Patah
F30A72P3	30%	2 Jam	1.71	C
F40A72P3	40%	2 Jam	3.31	C
F50A72P3	50%	2 Jam	1.67	C
F30A74P3	30%	4 Jam	3.60	C
F40A74P3	40%	4 Jam	1.08	C
F50A74P3	50%	4 Jam	4.35	C
F30A76P3	30%	6 Jam	1.68	C
F40A76P3	40%	6 Jam	7.02	H
F50A76P3	50%	6 Jam	5.47	H
Resin+Pati			1.63	C



Gambar 7 grafik nilai kekuatan impact

Penelitian ini menunjukkan bahwa baik fraksi volume serat gambas (FV) maupun waktu perendaman dalam larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ secara signifikan memengaruhi kekuatan impact komposit helm motor berbahan resin epoksi-pati singkong. Dari tiga variasi fraksi volume serat (FV30, FV40, FV50) dan tiga waktu perendaman (2, 4, dan 6 jam) yang diuji, serta dibandingkan dengan spesimen kontrol (1,63 kJ/m^2), nilai kekuatan impact tertinggi mencapai 7,02 kJ/m^2 pada kombinasi FV40 dengan perendaman 6 jam. Meskipun demikian, ditemukan anomali penurunan kekuatan impact pada FV40 dengan perendaman 4 jam (1,08 kJ/m^2), yang diduga karena ikatan matriks-serat yang kurang optimal. Secara keseluruhan, temuan ini menggarisbawahi pentingnya memilih fraksi volume dan durasi perendaman yang tepat untuk mengoptimalkan sifat mekanik komposit helm motor berbahan dasar alami ini.

3.2. Pembahasan

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh fraksi volume serat gambas (FV) dan lama perendaman dalam Ca(OH)_2 terhadap kekuatan impak komposit epoksi-pati singkong untuk helm motor. Kekuatan impak tertinggi, $7,02 \text{ kJ m}^{-2}$, dicapai pada FV 40 % setelah 6 jam perendaman—naik tajam dari sampel kontrol $1,63 \text{ kJ m}^{-2}$. Peningkatan ini dikaitkan dengan perlakuan permukaan serat yang memperkuat ikatan serat-matriks, memungkinkan transfer tegangan lebih efisien; hal ini juga tercermin pada perubahan pola patahan menjadi hibrid (tipe H).

Sebaliknya, kombinasi FV 40 % dengan 4 jam perendaman menurunkan kekuatan impak menjadi $1,08 \text{ kJ m}^{-2}$ meski pola patahan tetap kohesif (tipe C). Penurunan kinerja diduga akibat degradasi serat, morfologi permukaan yang kurang sesuai, atau aglomerasi serat yang mengganggu dispersi.

Secara keseluruhan, temuan dari penelitian ini menggarisbawahi pentingnya optimasi parameter proses dalam pengembangan komposit berbasis serat alami dengan sifat mekanik yang unggul. Penentuan fraksi volume serat dan durasi perlakuan permukaan yang tepat sangat krusial untuk memaksimalkan kekuatan impak. Anomali yang terdeteksi menyoroti kebutuhan akan investigasi lebih lanjut untuk memahami interaksi kompleks antara serat, matriks, dan perlakuan permukaan. Pemahaman mendalam ini esensial untuk mengidentifikasi rentang parameter optimal yang dapat menjamin kualitas dan kinerja produk akhir dalam aplikasi manufaktur aditif, khususnya untuk komponen struktural seperti helm motor.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa kekuatan impak komposit helm berbahan resin epoksi-pati singkong sangat dipengaruhi oleh fraksi volume serat gambas dan durasi perendaman dalam larutan Ca(OH)_2 . Nilai kekuatan impak tertinggi, yaitu $7,02 \text{ kJ/m}^2$, dicapai pada komposit dengan fraksi volume serat 40% yang direndam selama 6 jam. Peningkatan ini diyakini terjadi karena perlakuan permukaan serat dengan Ca(OH)_2 meningkatkan ikatan antara serat dan matriks, memungkinkan transfer tegangan yang lebih efektif, dan mengubah pola patah menjadi hibrid (tipe H). Namun, ditemukan anomali pada komposit dengan fraksi volume serat 40% dan perendaman 4 jam, yang mengalami penurunan kekuatan impak menjadi $1,08 \text{ kJ/m}^2$, diduga karena degradasi serat atau aglomerasi yang mengganggu dispersi. Hal ini menegaskan pentingnya optimasi parameter proses untuk memaksimalkan sifat mekanik komposit berbasis serat alami ini.

REFERENSI

- [1] H. Hasaya and R. Masrida, “Potensi Pemanfaatan Ulang Sampah Plastik Menjadi Eco-Paving Block,” *J. Jaring SainTek*, vol. 3, no. 1, pp. 25–31, 2021, doi: 10.31599/jaring-saintek.v3i1.478.
- [2] R. Ramadoni, F. Firdaus, R. Romli, S. Sailon, A. P. AFG, and M. Nugraha, “Pengaruh Fraksi Volume dan Orientasi Serat Pada Komposit Hibrid Berpenguat Serat Gambas serta Eceng Gondok Terhadap Kekuatan Bending,” *J. Tek. Mesin*, vol. 15, no. 2, pp. 84–89, 2022, doi: 10.30630/jtm.15.2.891.
- [3] R. H. Setyanto, “Review: Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya,” *Performa*, vol. 11, no. 1, pp. 9–18, 2012.
- [4] N. M. Marlinawati, I. P. yudi Octavian, N. L. G. Lisdiantari, and I. G. N. W. Gunawan, “Green composite Pelelah Pinang , Pati Singkong dan Resin Epoksi Sebagai Material Ramah Lingkungan,” *J. Ilm. Tek. DESAIN Mek.*, vol. 10, no. November 2021, pp. 61–67, 2022.
- [5] S. Henrico *et al.*, “TEBU- POLYPROPYLENE MENGGUNAKAN LARUTAN KALSIMUM HIDROKSIDA Gambar 3 . 1 Permukaan Serat Tebu Sebelum Alkali Treatment,” pp. 2–4, 2016.
- [6] S. Kar, I. Jena, S. Bhoi, S. Pattnaik, and M. K. Sutar, “Impact of distinct alkaline treatment on natural plant fibre reinforced polymer composites,” *Proc. Inst. Mech. Eng. Part C J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 237, no. 24, pp. 5951–5962, 2023, doi: 10.1177/09544062231168723.
- [7] B. T. Mulyo and H. Yudiono, “Analisis Kekuatan Impak Pada Komposit Serat Daun Nanas Untuk Bahan Dasar Pembuatan Helm SNI,” *J. Kompetensi Tek.*, vol. 10, no. 2, pp. 1–8, 2018.
- [8] S. D. P. Dynanty and A. Mahyudin, “Pengaruh Panjang Serat Pinang Terhadap Sifat Mekanik dan Uji Biodegradasi Material Komposit Matriks Epoksi dengan Penambahan Pati Talas,” *J. Fis. Unand*, vol. 7, no. 3, pp. 233–239, 2018, doi: 10.25077/jfu.7.3.233-239.2018.
- [9] V. Boobalan, T. Sathish, J. Giri, and E. Makki, “Impact of nano-hybridization on flexural and impact behavior of basalt/glass fiber-epoxy composites for automotive structures,” *AIP Adv.*, vol. 14, no. 4, pp. 1–11, 2024, doi: 10.1063/5.0199895.
- [10] A. P. T. I. M. Company, “Test the Impact Strength of Plastic with Charpy Test,” Asia Premier Testing Instruments Manufacturing.
- [11] D. P. (2014). Azaria, “Rancang Bangun Alat Uji Impact 100 Joule Type Charpy Skala Laboratorium,” *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, vol. 7, no. 2, pp. 107–15, 2014.