

Pengaruh Variabel Proses Komposit Hibrida Serat Daun Nanas Dan Eceng Gondok Dengan Matriks Polylactic Acid (Pla) Terhadap Kekuatan Impak Komposit

Pengaruh Variabel Proses Komposit Hibrida Serat Daun Nanas Dan Eceng Gondok Dengan Matriks Polylactic Acid (Pla) Terhadap Kekuatan Impak Komposit

Penulis

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: muhammadkamal.22130@mhs.unesa.ac.id

Pembimbing

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: triningsih@unesa.ac.id

Abstrak

Komposit berbasis serat alam merupakan material ramah lingkungan yang berpotensi menggantikan komposit berbasis serat sintetis. Serat daun nanas dan serat eceng gondok memiliki sifat mekanik yang baik, namun sifat hidrofiliknya menyebabkan ikatan antarmuka dengan matriks Polylactic Acid (PLA) kurang optimal sehingga dapat menurunkan kekuatan impak komposit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konsentrasi NaOH, waktu perendaman, rasio serat daun nanas terhadap serat eceng gondok, suhu *post-cure* terhadap kekuatan impak komposit hibrida bermatriks PLA. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan rancangan Taguchi Orthogonal Array L9 (3⁴), yaitu konsentrasi NaOH (3%, 5%, dan 7%), waktu perendaman (1, 3, dan 5 jam), rasio serat daun nanas terhadap serat eceng gondok (3:7, 1:1, dan 7:3), serta suhu *post-cure* (80°C, 90°C, dan 100°C). Spesimen komposit dibuat menggunakan metode *compression moulding* dengan matriks PLA, kemudian diuji menggunakan metode Charpy sesuai standar ASTM D5942-96. Analisis data dilakukan menggunakan Signal-to-Noise (S/N) Ratio karakteristik *Larger is Better*, analisis variansi (ANOVA), dan uji konfirmasi. Hasil penelitian menunjukkan faktor yang memberikan kontribusi terbesar terhadap kekuatan impak adalah rasio serat sebesar 42,84%, diikuti waktu perendaman sebesar 28,99%, suhu *post-cure* sebesar 20,75%, dan konsentrasi NaOH sebesar 7,42%. Kombinasi parameter optimum diperoleh pada konsentrasi NaOH 7%, waktu perendaman 5 jam, rasio serat daun nanas terhadap serat eceng gondok 3:7, dan suhu *post-cure* 100°C. Hasil uji konfirmasi membuktikan bahwa kombinasi tersebut mampu meningkatkan kekuatan impak komposit dibandingkan kombinasi parameter lainnya. Dengan demikian, metode Taguchi terbukti efektif dalam mengoptimalkan parameter proses sehingga dapat meningkatkan performa mekanik komposit hibrida berbasis serat alam sebagai material ramah lingkungan.

Kata Kunci: komposit hibrida, serat daun nanas, serat eceng gondok, NaOH, PLA, Taguchi L9(3⁴), ASTM D5942-96

Abstract

Natural fiber-reinforced composites have emerged as environmentally friendly materials with the potential to replace synthetic fiber-reinforced composites. Pineapple leaf fiber and water hyacinth fiber possess excellent mechanical properties; however, their hydrophilic nature results in poor interfacial bonding with the Polylactic Acid (PLA) matrix, which can reduce the impact strength of the composite. This study aims to investigate the effects of NaOH concentration, soaking time, pineapple leaf fiber-to-water hyacinth fiber ratio, and post-curing temperature on the impact strength of PLA-based hybrid composites. The experiment was conducted using the Taguchi Orthogonal Array L9 (3⁴) design with four factors at three levels: NaOH concentration (3%, 5%, and 7%), soaking time (1, 3, and 5 hours), pineapple leaf fiber-to-water hyacinth fiber ratios (3:7, 1:1, and 7:3), and post-curing temperatures (80°C, 90°C, and 100°C). Composite specimens were fabricated using the compression moulding method with a PLA matrix and tested using the Charpy impact method in accordance with ASTM D5942-96. Data were analyzed using the Signal-to-Noise (S/N) Ratio with the Larger is Better characteristic, Analysis of Variance (ANOVA), and confirmation tests. The results showed that the fiber ratio was the most influential factor, contributing 42.84% to the impact strength, followed by soaking time (28.99%), post-curing temperature (20.75%), and NaOH concentration (7.42%). The optimum parameter combination was obtained at a NaOH concentration of 7%, a soaking time of 5 hours, a pineapple leaf fiber-to-water hyacinth fiber ratio of 3:7, and a post-curing temperature of 100°C. The confirmation test demonstrated that this parameter combination produced higher impact strength than the other experimental conditions. Therefore, the Taguchi method proved to be effective in optimizing processing parameters and improving the mechanical performance of natural fiber-reinforced hybrid composites as sustainable and environmentally friendly materials.

Keywords: hybrid composites, pineapple leaf fiber, water hyacinth fiber, Polylactic Acid (PLA), impact strength, Taguchi method, ANOVA.

PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan akan material yang ramah lingkungan mendorong pengembangan komposit berbasis serat alam sebagai alternatif pengganti serat sintetis. Komposit merupakan material hasil kombinasi dua atau

lebih bahan yang menghasilkan sifat mekanik lebih baik dibandingkan material penyusunnya (Siregar, 2021). Serat daun nanas dan eceng gondok memiliki potensi besar sebagai penguat komposit karena ketersediaannya yang melimpah di Indonesia serta pemanfaatannya yang masih terbatas. Limbah daun nanas dapat mencapai sekitar 1

ton/ha sehingga berpotensi menjadi bahan baku bernilai tambah sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan (Dwiastuti, 2010). Penggabungan kedua serat tersebut dengan matriks *polylactic acid* (PLA) berpotensi menghasilkan komposit hibrida yang biodegradable dengan ketahanan impact yang baik.

Sifat mekanik komposit serat alam dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis matriks, rasio serat, dan perlakuan alkali. Perlakuan NaOH mampu menghilangkan lignin, hemiselulosa, serta pengotor pada permukaan serat sehingga meningkatkan ikatan antarmuka antara serat dan matriks (Yusroni & Ningsih, 2025). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perlakuan alkali mampu meningkatkan kekuatan tarik, lentur, dan impact komposit berbasis serat alam. (Mamungkas dkk., 2019) melaporkan bahwa komposit serat daun nanas dengan perlakuan NaOH 6% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 112 MPa. (Setyadi dkk., 2014) juga menunjukkan bahwa perendaman serat daun nanas dalam larutan NaOH 5% selama 2 jam menghasilkan kekuatan impact sebesar 168,8 kJ/m². Hasil serupa dilaporkan oleh (Temitayo Oyewo dkk., 2023), (Feng dkk., 2020), (Singh dkk., 2021), dan (Wiyono, 2024), yang menyatakan bahwa perlakuan alkali dan pengaturan proporsi serat mampu meningkatkan kualitas ikatan antarmuka, mengurangi *fiber pull-out*, serta meningkatkan kemampuan komposit dalam menyerap energi benturan.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, perlakuan alkali dan rasio serat merupakan faktor penting yang menentukan performa mekanik komposit hibrida berbasis serat daun nanas dan eceng gondok. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kedua faktor tersebut terhadap kekuatan impact komposit hibrida bermatriks PLA guna memperoleh material yang memiliki sifat mekanik tinggi sekaligus ramah lingkungan.

METODE

Jenis penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental kuantitatif yang berfokus pada analisis pengaruh variasi parameter penyusun komposit hibrida berbasis serat alam terhadap sifat mekanik dan fisis material. Pendekatan eksperimental digunakan untuk mengetahui hubungan sebab-akibat antar variabel penelitian, khususnya pengaruh variasi konsentrasi dan lama waktu perlakuan alkali, rasio serat, serta perlakuan post-cure terhadap kekuatan impact komposit. Melalui pengaturan variasi komposisi dan parameter proses, penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kombinasi material yang mampu menghasilkan nilai kekuatan impact dan ketahanan material yang optimal.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Lokasi Penelitian Penelitian ini dilakukan di gazebo A8, Universitas Negeri Surabaya.
- Waktu Penelitian Waktu yang digunakan untuk melaksanakan penelitian dimulai pada Desember 2025 – juli 2026 hingga segala data dan analisa yang dibutuhkan terpenuhi.

Variabel Penelitian

• Variabel bebas

- Faktor A: Konsentrasi Perlakuan NaOH
Level 1: 3%
Level 2: 5%
Level 3: 7%
- Faktor B: Lama Waktu Perendaman NaOH
Level 1: 1 jam
Level 2: 3 jam
Level 3: 5 jam
- Faktor C: Rasio Antara serat daun nanas: serat eceng gondok (serat total 30%)
Level 1: 3: 7 (9% serat nanas: 21% serat eceng gondok)
Level 2: 1: 1 (15% serat nanas: 15% serat eceng gondok)
Level 3: 7: 3 (21% serat nanas: 9% serat eceng gondok)
- Faktor D: Post-cure pada PLA dengan waktu 30 menit dan suhu berikut:
Dengan suhu 80 °C
Dengan suhu 90 °C
Dengan suhu 100 °C

• Variabel Terikat

- Energi terserap
- Harga impact / kekuatan impact

• Variabel Kontrol

- Berikut adalah variabel yang di kontrol:
- Matriks polimer yang digunakan adalah Polylactic acid (PLA)
- Persentase volume serat total (PALF dan WHF) dalam komposit dijaga konstan 30%.
- Menggunakan agen pengikat PLA-g-MA/ PLA-based compatibilizer (maleic-grafted biodegradable polyester) yaitu bahan tambahan berbasis PLA yang mengandung gugus maleat untuk meningkatkan kompatibilitas dan adhesi antara serat alam yang hidrofilik dengan matriks PLA yang relatif hidrofobik.
- Menggunakan metode compression molding untuk penyusunan lapisan serat dan PLA yang kemudian dipanaskan hingga meleleh dan dipress, sehingga PLA membasahi serat dan membentuk pelat komposit yang seragam..
- Proses pencetakan dilakukan menggunakan cetakan (mold) berbentuk balok dengan diameter yang seragam mengikuti standar ASTM D5942-96. untuk seluruh spesimen.
- Spesimen dibuat menggunakan metode compression moulding dengan alat press manual. Tekanan nominal tidak diukur, namun ketebalan spesimen dan waktu penekanan dijaga konstan untuk memastikan konsistensi proses

TEKNIK PENGUMPULAN DATA

- Studi Literatur

Langkah pertama dalam pengumpulan data dilaksanakan dengan melakukan studi literatur untuk mengidentifikasi variabel-variabel yang berkaitan dengan topik penelitian. Variabel-variabel itu kemudian dibagi menjadi variabel bebas dan variabel terikat, yang berhubungan dengan karakteristik teknis komposit

Pengaruh Variabel Proses Komposit Hibrida Serat Daun Nanas Dan Eceng Gondok Dengan Matriks Polyactic Acid (Pla) Terhadap Kekuatan Impak Komposit

hibrid seperti perlakuan konsentrasi NaOH, lama waktu perendaman, rasio serta, dan post-cure pada PLA pada proses pembuatan komposit hibrida.

- Persiapan Serat

Serat daun nanas (serat daun nanas) dan serat eceng gondok (serat eceng gondok) dipotong dengan panjang ± 1 mm. Serat direndam dalam larutan NaOH sesuai variasi konsentrasi dan waktu. Setelah perendaman, serat dicuci menggunakan air mengalir hingga pH netral (diperiksa dengan kertas indikator pH). Serat kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C hingga mencapai massa konstan untuk mengontrol kadar air.

- Proses Fabrikasi Komposit

Matriks Polyactic Acid (PLA) digunakan dalam bentuk pellet. Proses fabrikasi dilakukan menggunakan metode tekan yang sesuai untuk material termoplastik.

Parameter proses: Suhu proses: $180\text{--}190^{\circ}\text{C}$ Waktu penekanan : Nilai tekanan nominal tidak tersedia dari alat, penelitian ini tidak menggunakan tekanan sebagai faktor. Konsistensi proses dijaga dengan ketebalan tetap dan waktu penekanan konstan. Pendinginan : Pendinginan bertahap di dalam cetakan hingga suhu $< 60^{\circ}\text{C}$ Serat disusun merata dalam cetakan sesuai rasio yang telah ditentukan dengan fraksi volume total 30%. PLA dilelehkan dan dipress hingga terjadi impregnasi yang merata.

- Post-Cure

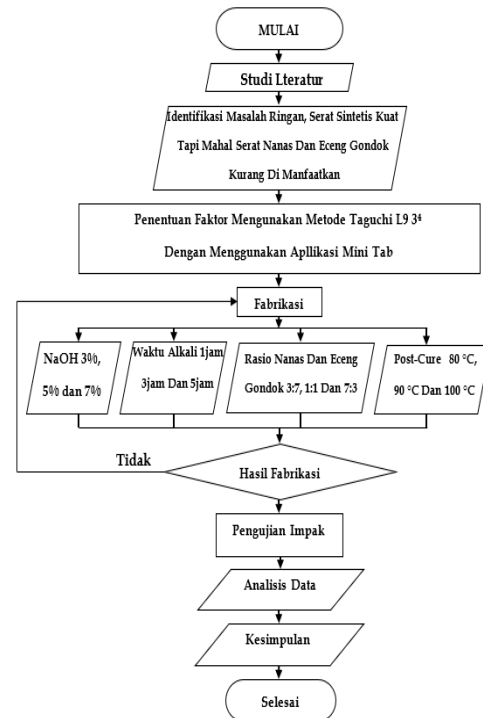
Setelah pencetakan, spesimen dilakukan proses post-cure pada suhu $80\text{--}100^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit. Rentang suhu ini berada di atas suhu transisi gelas (Tg) PLA sekitar 60°C sehingga memungkinkan peningkatan kristalinitas tanpa menyebabkan deformasi. Spesimen tetap berada dalam cetakan selama post-cure untuk menjaga stabilitas dimensi. Peningkatan kristalinitas diharapkan meningkatkan ketangguhan dan stabilitas termal terhadap beban impact.

- Pengujian Impak

Pengujian impact dilakukan menggunakan metode Charpy sesuai standar ASTM D5942-96. Spesimen dibuat sesuai dimensi standar dan diberi notch.

- Foto Makro

Setelah melakukan pengujian impact pada spesimen komposit dengan setandar ASTM D5942-96, selanjutnya dilakukan pengujian Photo Makro untuk melihat kerapatan antara serat dan matriks serta menunjukan bentuk morfologi pada spesimen komposit, pengujian Photo Makro pada penelitian ini hanya menguji spesimen dengan nilai tertinggi dan terendah.



Gambar 1. 1 Diagram Alir

- Teknik Analisis Data

Rumus Energi yang diserap saat patah dicatat dalam satuan Joule:

$$E = m \cdot g \cdot R \cdot (\cos\beta - \cos\alpha)$$

Dimana:

E = energi yang dikonsumsi (J)

m = massa bandul (kg)

g = gravitasi (m/s^2)

R = lengan bandul (m)

α = titik dari bandul di depannya diayunkan

β = merupakan titik bandul yang kemudian diayunkan.

Setelah diperoleh berapa energi yang dikonsumsi bandul saat putus, maka pada saat itu besar kekuatan/energi efek dapat ditentukan dengan Persamaan.

- Perhitungan Harga Impact (I) menggunakan persamaan:

$$I = \frac{w}{b_i \times h_i}$$

Dimana:

I = harga Impact (Jk/m^2)

w = energi terserap benda uji (J)

b_i = lebar benda uji impact (mm)

h_i = tebal benda uji impact (mm)

Luas penampang dihitung dari lebar dikalikan tinggi efektif di bawah notch.

DIAGRAM ALIR

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Impak

Kode Sampel	Ulangan	Sudut Awal (°)	Sudut Akhir (°)	Energi Serap (J)	Rata-rata Energi Serap (J)	Kekuatan Impact (KJ/m ²)	Rata-rata kekuatan impact (kJ/m ²)
R1	r1	120	117,6	1,85	2,036	46,25	57,41
	r2	120	116,1	3,11		77,75	
	r3	120	118,5	1,15		48,25	
R2	r1	120	117,5	1,93	1,65	28,75	34,75
	r2	120	118,1	1,48		37,00	
	r3	120	118	1,54		38,50	
R3	r1	120	115,2	3,70	3,436	92,50	85,91
	r2	120	116,2	2,95		73,75	
	r3	120	115,3	3,66		91,50	
R4	r1	120	118,6	1,07	1,693	26,75	42,33
	r2	120	117,7	1,77		44,25	
	r3	120	117,1	2,24		56,00	
R5	r1	120	117,9	1,62	1,18	40,50	29,5
	r2	120	118,8	0,92		23,00	
	r3	120	118,7	1,0		23,00	
R6	r1	120	114,4	4,30	4,12	107,50	103,00
	r2	120	115,4	3,60		90,00	
	r3	120	114,2	4,46		111,50	
R7	r1	120	116,2	2,95	2,846	73,75	71,16
	r2	120	116,6	2,64		66,00	
	r3	120	116,2	2,95		73,75	
R8	r1	120	116,4	2,78	3,633	69,50	90,83
	r2	120	114,6	4,27		106,75	
	r3	120	115,1	3,85		96,25	
R9	r1	120	116,9	2,32	2,27	58,00	56,75
	r2	120	116,4	2,78		69,50	
	r3	120	117,8	1,71		42,75	

Tabel 1. 1 tabel hasil uji impact

Hasil data pengujian impact yang tertinggi pada tabel 4.1 dispesimen R6 r3 dengan nilai energi impact 4,46 Joule serta harga impact yang mempunyai nilai 111,50 kJ/m², sedangkan spesimen dengan nilai terendah pada spesimen R5 r2 yang mempunyai energi impact sebesar 0,92 Joule dan harga impact sebesar 23,00 kJ/m². pengujian dilakukan dengan 3 replikasi disetiap masing-masing level faktor. Nilai tersebut dirata-rata dan mendapatkan nilai rata-rata yang tertinggi pada level faktor R6 yang memiliki nilai rata-rata energi terserap 4,12 Joule dan nilai rata-rata harga impactnya yaitu 103 kJ/m², sedangkan nilai rata-rata terendah pada level faktor R5 memiliki nilai rata-rata energi impactnya 1,18 Joule dan rata-rata harga impactnya 29,5 kJ/m².

Grafik Energi Terserap

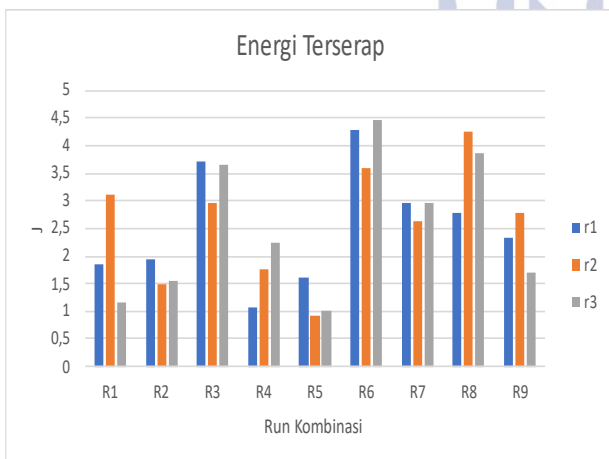


Diagram 1. 1 Energi Terserap

Diagram ini menggambarkan hasil pengujian energi serap dari komposit hibrida dengan sembilan variasi percobaan (R1–R9), di mana setiap variasi diuji sebanyak tiga kali (r1, r2, dan r3). Energi serap dihitung berdasarkan hasil

pengujian impact, dan dilakukan perhitungan rata-rata untuk menilai kemampuan spesimen dalam menyerap energi sebelum terjadi patah. Berdasarkan pengujian, nilai rata-rata energi serap bervariasi antara 1,18 J hingga 4,12 J. Kombinasi R6 mencatat nilai rata-rata energi serap tertinggi, yaitu 4,12 J, dengan nilai yang direplikasi adalah 4,30 J, 3,60 J, dan 4,46 J. Temuan ini menunjukkan bahwa spesimen pada kombinasi R6 memiliki kemampuan terbaik dalam menyerap energi benturan sebelum gagal. Di sisi lain, kombinasi R5 menunjukkan rata-rata energi serap terendah, yaitu 1,18 J, dengan nilai replikasi 1,62 J, 0,92 J, dan 1,00 J, menunjukkan kemampuan penyerapan energi yang paling lemah dibanding variasi lain. Urutan rata-rata energi serap dari yang tertinggi hingga terendah adalah R6 (4,12 J), R8 (3,633 J), R3 (3,456 J), R7 (2,846 J), R9 (2,27 J), R1 (2,036 J), R4 (1,693 J), R2 (1,65 J), dan R5 (1,18 J). Secara keseluruhan, diagram batang menunjukkan bahwa sebagian besar hasil replikasi di setiap variasi menunjukkan pola yang cukup konsisten, meskipun terdapat sedikit variasi yang disebabkan oleh perbedaan karakteristik spesimen, distribusi serat, ikatan antara serat dan matriks, serta adanya void selama proses pembuatan. Jika dibandingkan dengan nilai kekuatan impact yang ada pada tabel, tampak bahwa kombinasi dengan energi serap yang tinggi biasanya menghasilkan nilai kekuatan impact yang lebih baik. Misalnya, R6 memiliki rata-rata energi serap 4,12 J dan rata-rata kekuatan impact 103,00 kJ/m². Sebaliknya, R5 memiliki rata-rata energi serap 1,18 J dan kekuatan impact rata-rata hanya 29,50 kJ/m². Hal ini menunjukkan adanya hubungan yang positif antara energi serap material dan ketahanan komposit terhadap beban impact; semakin tinggi energi yang diserap sebelum patah, semakin besar pula kekuatan impact yang dihasilkan. Secara umum, hasil yang terdapat dalam tabel dan diagram menunjukkan bahwa variasi kombinasi parameter dalam penelitian ini berdampak pada kemampuan komposit hibrida untuk menyerap energi benturan. Kombinasi R6 dinyatakan sebagai kondisi terbaik karena mampu menyerap energi paling banyak, sedangkan R5 adalah kombinasi dengan performa terendah. Perbedaan dalam nilai energi serap ini menunjukkan bahwa perlakuan pada serat dan komposisi penyusun komposit memiliki peran krusial dalam meningkatkan ketahanan material terhadap beban impact.

Grafik Harga Impact

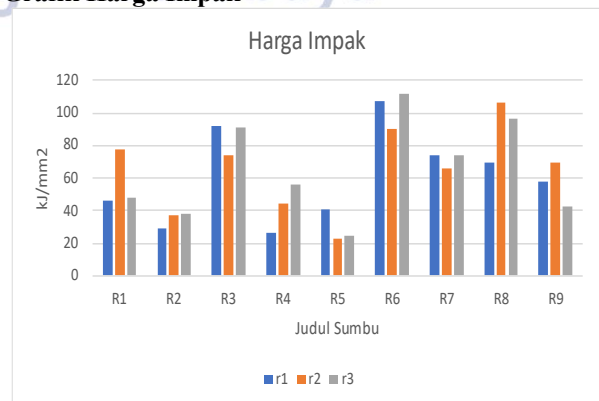


Diagram 1. 2 Kekuatan Impact

Pengaruh Variabel Proses Komposit Hibrida Serat Daun Nanas Dan Eceng Gondok Dengan Matriks Polyactic Acid (Pla) Terhadap Kekuatan Impak Komposit

Tabel menampilkan hasil dari pengujian kekuatan impak untuk komposit hibrida yang diujicobakan dalam sembilan kombinasi (R1–R9). Setiap kombinasi diuji sebanyak tiga kali (r_1 , r_2 , dan r_3) untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat. Kekuatan impak ditentukan berdasarkan energi yang diserap oleh spesimen terhadap area penampang saat menerima beban tumbukan, kemudian rata-rata dihitung untuk setiap kombinasi percobaan. Dari hasil pengujian, kekuatan impak rata-rata yang diperoleh berkisar antara 29,50 kJ/m² hingga 103,00 kJ/m². Kombinasi R6 menunjukkan rata-rata kekuatan impak tertinggi yaitu 103,00 kJ/m², dengan nilai replikasi masing-masing 107,50 kJ/m², 90,00 kJ/m², dan 111,50 kJ/m². Nilai tersebut menunjukkan bahwa spesimen pada kombinasi R6 memiliki daya tahan terbaik terhadap beban impak, sehingga dapat menyerap energi tumbukan lebih besar sebelum mengalami kerusakan. Sebaliknya, kombinasi R5 memiliki rata-rata kekuatan impak terendah dengan nilai 29,50 kJ/m², serta nilai replikasi 40,50 kJ/m², 23,00 kJ/m², dan 25,00 kJ/m², yang menunjukkan bahwa spesimen dalam kombinasi ini memiliki ketahanan impak terendah. Berdasarkan nilai rata-rata yang diperoleh, urutan kekuatan impak dari yang tertinggi hingga terendah adalah R6 (103,00 kJ/m²), R8 (90,83 kJ/m²), R3 (85,91 kJ/m²), R7 (71,16 kJ/m²), R1 (57,41 kJ/m²), R9 (56,75 kJ/m²), R4 (42,33 kJ/m²), R2 (34,75 kJ/m²), serta R5 (29,50 kJ/m²). Diagram batang menunjukkan bahwa pola hasil pengujian pada ketiga replikasi cenderung konsisten, meskipun terdapat variasi antar spesimen. Variasi ini mungkin disebabkan oleh distribusi serat dalam matriks, kualitas ikatan antara serat dan matriks PLA, orientasi serat, serta adanya ruang kosong atau cacat yang muncul selama proses pembuatan komposit. Ketika dibandingkan dengan hasil energi serap, terdapat hubungan yang positif antara kedua parameter ini. Kombinasi yang memiliki energi serap tinggi cenderung menunjukkan nilai kekuatan impak yang juga tinggi. Misalnya, R6 memiliki rata-rata energi serap 4,12 J dan memperoleh rata-rata kekuatan impak tertinggi di 103,00 kJ/m², sementara R5 hanya mampu menarik energi serap 1,18 J dengan rata-rata kekuatan impak 29,50 kJ/m². Ini menunjukkan bahwa semakin besar energi yang dapat diserap oleh material sebelum kerusakan, semakin baik pula kemampuan komposit dalam menahan beban impak. Secara keseluruhan, data pada tabel dan diagram mengindikasikan bahwa variasi dalam parameter perlakuan dalam penelitian ini memengaruhi kekuatan impak komposit hibrida yang menggunakan serat eceng gondok dan serat daun nanas dengan matriks PLA. Kombinasi R6 menunjukkan performa terbaik dengan ketahanan impak paling tinggi, sedangkan R5 menunjukkan performa terendah. Hasil ini menunjukkan bahwa pengaturan parameter perlakuan yang sesuai dapat meningkatkan kemampuan komposit dalam menyerap energi tumbukan serta memperbaiki sifat mekanik material terhadap beban impak.

ANALISA FOTO MAKRO

Setelah pengujian impak dilakukan untuk mengevaluasi sifat mekanik komposit berbasis serat eceng gondok dan serat daun nanas dengan matriks PLA, tahapan berikutnya

adalah melakukan pengamatan makro pada bagian spesimen yang mengalami pembebanan.

Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan lensa makro agar kondisi permukaan spesimen, terutama pada daerah patahan atau titik impak, dapat terlihat lebih jelas dan rinci. Selain itu, penggunaan lensa makro juga memudahkan identifikasi keberadaan void maupun ketidaksempurnaan lain yang terdapat pada komposit.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa distribusi serat pada permukaan spesimen relatif merata, sehingga spesimen memiliki susunan penguat yang cukup homogen. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa hasil pengujian impak yang diperoleh mampu merepresentasikan karakteristik kekuatan impak komposit secara lebih akurat.

Dokumentasi makro ini selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk menganalisis kualitas permukaan komposit, sebaran serat di dalam matriks PLA, serta keberadaan void yang berpotensi memengaruhi kemampuan material dalam menyerap energi selama pengujian impak.

Simpulan

Berdasarkan analisis terhadap komposit hibrida yang terbuat dari serat eceng gondok dan serat daun nanas yang menggunakan matriks polylactic acid (PLA), dapat disimpulkan bahwa perbandingan serat adalah faktor yang paling signifikan dalam mempengaruhi kekuatan impak dengan kontribusi sebesar 43,10%. Hal ini disebabkan oleh perannya dalam menentukan distribusi beban serta kualitas ikatan antara serat dengan matriks. Selanjutnya, lama serat direndam dalam larutan NaOH menyumbang 29,57%, di mana proses ini berfungsi untuk meningkatkan adhesi serat dengan cara menghilangkan lignin dan hemiselulosa. Proses pasca-perawatan menyumbang 20,58% dengan cara meningkatkan kristalisasi dan stabilitas matriks PLA, sedangkan konsentrasi NaOH memberikan kontribusi 6,75%. Meskipun kontribusinya paling sedikit, pemilihan konsentrasi NaOH yang tepat masih dapat meningkatkan ikatan antara serat dan matriks, sehingga berkontribusi pada peningkatan kekuatan impak dari komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwiasuti, A. (2010). Efektivitas Proses Pengambilan Serat Limbah Daun Nanas (Ananas Comosus Merr) Menggunakan Metode Perencanaan. *Seminar Nasional 2010 "Character Building For Vocational Education,"* 328–337.
- Feng, N. L., Malingam, S. D., Razali, N., & Subramonian, S. (2020). Alkali And Silane Treatments Towards Exemplary Mechanical Properties Of Kenaf And Pineapple Leaf Fibre-Reinforced Composites. *Journal Of Bionic Engineering*, 17(2), 380–392. <https://doi.org/10.1007/S42235-020-0031-6>
- Mamungkas, M. I., Subeki, N., & N., A. A. (2019). Pengaruh Presentase Alkalisasi Naoh Terhadap Kekuatan Tarik Material Komposit Serat Daun Nanas Polyester Dengan Metode Vacuum Infusion. *Rotor*, 12(1), 5.

<https://doi.org/10.19184/Rotor.V12i1.14247>

- Setyadi, Ilham., Yuliyanto., Pranandita, N. (2014). Analisis Pengaruh Serat Daun Nanas Terhadap Sifat Mekanik Pada Matrik Polyester Dengan Jenis Daun Nanas Smooth Cayenne. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 4, 5–6.
- Singh, J. I. P., Singh, S., Dhawan, V., & Gulati, P. (2021). Flax Fiber Reinforced Polylactic Acid Composites For Non-Structural Engineering Applications: Effect Of Molding Temperature And Fiber Volume Fraction On Its Mechanical Properties. *Polymers And Polymer Composites*, 29(9), S780–S789. <https://doi.org/10.1177/09673911211025159>
- Siregar, A. (2021). Pemanfaatan Serat Alami (Sabut Kelapa) Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pada Spakbor Depan Motor. *Repository. Uir*, 1–51.
- Temitayo Oyewo, A., Olugbemiga Oluwole, O., Olufemi Ajide, O., Emmanuel Omoniyi, T., & Hussain, M. (2023). Banana Pseudo Stem Fiber, Hybrid Composites And Applications: A Review. *Hybrid Advances*, 4(November), 100101. <https://doi.org/10.1016/J.Hybridv.2023.100101>
- Wiyono, Z. I. (2024). Studi Kekuatan Bending Material Komposit Epoxy Hibrida Yang Berpenguat Serat Nanas Dan. *Repo.Poltekbangsby.Ac.Id.*
- Yusroni, A. A., & Ningsih, T. H. (2025). Pengaruh Variasi Susunan Serat Dan Temperatur Pasca Curing Komposit Serat Kulit Jagung Terhadap Kekerasan. *Jtm.*

