

ANALISIS DAYA SERAP AIR PADA KOMPOSIT HIBRIDA SERAT ECENG GONDOK-DAUN NANAS MATRIKS POLYLACTIC ACID

Farhan Maulana Syaifulloh

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: farhanmaulana.22012@mhs.unesa.ac.id

Tri Hartutuk Ningsih

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: triningsih@unesa.ac.id

Abstrak

Kebutuhan terhadap material berkelanjutan dengan stabilitas sifat fisik yang baik terus meningkat, khususnya pada pengembangan komposit berbasis serat alam. Serat daun nanas dan serat eceng gondok memiliki potensi sebagai penguat komposit biodegradable karena ketersediaannya melimpah, ringan, dan ramah lingkungan. Namun, sifat hidrofilik pada serat alam dapat meningkatkan daya serap air, sehingga berpotensi menurunkan ketahanan dan sifat mekanik komposit. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh perlakuan serat dan parameter proses manufaktur terhadap daya serap air komposit hibrida serat daun nanas dan serat eceng gondok bermatriks Polylactic Acid (PLA). Faktor penelitian meliputi konsentrasi NaOH 3%, 5%, dan 7%; lama perendaman 1, 3, dan 5 jam; rasio hibrida PALF:WHF 3:7, 1:1, dan 7:3; serta suhu post-curing 80°C, 90°C, dan 100°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi terbaik diperoleh pada NaOH 7%, lama perendaman 5 jam, rasio PALF:WHF 1:1, dan suhu post-curing 100°C. Hasil pengujian pada variasi spesimen R8 menghasilkan rata-rata *water absorption* sebesar 0,0158%, sehingga komposit yang dihasilkan memiliki daya serap air rendah, struktur lebih stabil, dan ketahanan lebih baik terhadap lingkungan lembap.

Kata Kunci: Komposit Hibrida, Polylactic Acid (PLA), Serat Alam, Uji Serap Air.

Abstract

The demand for sustainable materials with good physical stability continues to increase, particularly in the development of natural fiber-based composites. Pineapple leaf fiber and water hyacinth fiber have potential as biodegradable composite reinforcements due to their abundant availability, lightweight characteristics, and environmental friendliness. However, the hydrophilic nature of natural fibers can increase water absorption, which may reduce the durability and mechanical properties of the composite. This study aims to analyze the effect of fiber treatment and manufacturing process parameters on the water absorption of hybrid composites made from pineapple leaf fiber and water hyacinth fiber with a Polylactic Acid (PLA) matrix. The research factors include NaOH concentrations of 3%, 5%, and 7%; immersion times of 1, 3, and 5 hours; PALF:WHF hybrid ratios of 3:7, 1:1, and 7:3; and post-curing temperatures of 80°C, 90°C, and 100°C. The results show that the best combination was obtained at 7% NaOH, 5 hours of immersion, a PALF:WHF ratio of 1:1, and a post-curing temperature of 100°C. Testing on the R8 specimen variation produced an average water absorption of 0.0158%, indicating that the resulting composite has low water absorption, a more stable structure, and better resistance to humid environments.

Keywords: Hybrid composite, polylactid acid (PLA), natural fiber, water absorption

PENDAHULUAN

Pendahuluan Saat ini, penggunaan komposit berbasis serat alam semakin berkembang dalam berbagai aplikasi karena dinilai lebih ramah lingkungan, ringan, dan dapat menjadi alternatif pengganti komposit serat sintetis. Material ini memiliki keunggulan karena dapat didaur ulang serta mendukung pengembangan material berkelanjutan (Sulaiman & Rahmat, 2018). Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan komposit serat alam karena ketersediaan sumber daya hayati yang melimpah, seperti serat daun nanas, serat eceng gondok, dan serat alam lainnya.

Komposit merupakan gabungan dua atau lebih material berbeda yang menghasilkan sifat baru dengan karakteristik yang lebih baik dibandingkan material penyusunnya secara terpisah (Nasution, 2017). Secara umum, komposit

tersusun atas dua komponen utama, yaitu serat sebagai penguat dan matriks sebagai pengikat. Keunggulan komposit antara lain memiliki massa yang ringan, biaya produksi relatif rendah, ketahanan terhadap korosi, serta dapat disesuaikan dengan kebutuhan aplikasinya (Rachmadi dkk., 2023). Salah satu jenis komposit yang banyak dikembangkan adalah komposit serat alam, seperti komposit berbasis serat daun nanas dan serat eceng gondok.

Tanaman nanas merupakan komoditas tropis yang banyak tumbuh di Indonesia. Selama ini, daun nanas masih sering dianggap sebagai limbah pertanian dan belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal, daun nanas mengandung serat alami yang berpotensi digunakan sebagai bahan penguat dalam pembuatan komposit. Serat daun nanas kering diketahui mengandung sekitar 60–70% selulosa dan 15–20% hemiselulosa, yang berperan penting

terhadap kekuatan mekanik serat. Kandungan tersebut membuat serat daun nanas sesuai digunakan sebagai penguat komposit ringan yang membutuhkan kekuatan, kestabilan, dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan tertentu. Pemanfaatan serat daun nanas juga dapat menjadi upaya untuk mengurangi limbah pertanian dan meningkatkan nilai guna bahan alam lokal (Cosse *et al.*, 2025).

Eceng gondok merupakan tanaman air dengan laju pertumbuhan sangat cepat dan sering menimbulkan permasalahan lingkungan pada ekosistem perairan. Pertumbuhannya yang tidak terkendali dapat menurunkan kualitas air, menghambat aktivitas perikanan, serta mengganggu aliran sungai atau waduk. Meskipun demikian, eceng gondok memiliki potensi ekonomi apabila dimanfaatkan secara tepat. Batang eceng gondok yang dikeringkan dapat diolah menjadi serat alami yang ringan, fleksibel, dan mudah dibentuk. Karakteristik tersebut mendukung penggunaannya sebagai bahan penguat komposit. Selain itu, pemanfaatan serat eceng gondok dapat membantu pengelolaan limbah tanaman air sekaligus mendukung pengembangan material ramah lingkungan berbasis sumber daya lokal (Vania *et al.*, 2025).

Pemanfaatan serat alam sebagai penguat komposit memerlukan perlakuan permukaan untuk meningkatkan kualitas ikatan antara serat dan matriks. Salah satu perlakuan kimia yang umum digunakan adalah alkalisasi dengan larutan Natrium Hidroksida (NaOH). Perlakuan ini bertujuan untuk membersihkan permukaan serat dari kotoran, lignin, hemiselulosa, dan lapisan lilin, sehingga ikatan antarmuka antara serat dan matriks dapat meningkat (Sinaga & Harijono, 2025). Ikatan antarmuka yang lebih baik dapat mengurangi terbentuknya celah, void, dan jalur masuk air pada komposit.

Selain penggunaan serat alam, pemilihan matriks biodegradable juga menjadi faktor penting dalam pengembangan komposit ramah lingkungan. Salah satu matriks yang banyak dikembangkan adalah Polylactic Acid (PLA). PLA merupakan biopolimer berbasis hayati yang berasal dari asam laktat hasil fermentasi bahan pertanian terbarukan, seperti pati, jagung, kedelai, dan bit gula. PLA memiliki sifat renewable, biodegradable, biokompatibel, serta memiliki kekuatan mekanik dan stabilitas termal yang baik. Oleh karena itu, PLA dianggap sebagai salah satu alternatif potensial untuk menggantikan plastik konvensional berbasis minyak bumi (Azka *et al.*, 2024).

Penelitian sebelumnya oleh (Bawono & Anggoro, 2023) mengkaji perilaku penyerapan air pada biokomposit serat kenaf dan rami dengan perlakuan alkalisasi NaOH sebesar 4%, 6%, dan 8% menggunakan metode Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH 4% merupakan komposisi optimal, karena mampu memperbaiki ikatan antarmuka serat-matriks dengan mengurangi kotoran dan hemiselulosa tanpa merusak struktur serat. Perlakuan tersebut dapat menurunkan jumlah void, mengendalikan jalur difusi air, serta menstabilkan daya serap air komposit. Meskipun tidak sepenuhnya menghilangkan sifat hidrofilik serat alam, perlakuan alkali terbukti berperan dalam meningkatkan ketahanan komposit terhadap kelembapan,

sehingga berpotensi digunakan pada aplikasi struktural ringan di lingkungan lembap.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk menganalisis pengaruh perlakuan serat dan parameter proses terhadap daya serap air komposit hibrida bermatriks Polylactic Acid (PLA). Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi konsentrasi larutan NaOH, lama perendaman NaOH, rasio hibrida serat daun nanas (PALF) dan serat eceng gondok (WHF), serta suhu post-curing. Fraksi volume total serat ditetapkan sebesar 30%, sedangkan matriks PLA sebesar 70%. Variabel kontrol meliputi temperatur pemanasan, waktu penahanan, ketebalan spesimen, dan durasi penekanan pada proses compression moulding. Respon yang diamati adalah nilai daya serap air, yang dihitung berdasarkan persentase kenaikan massa spesimen setelah proses perendaman.

Tempat Dan Waktu Penelitian

- Tempat Penelitian

Proses fabrikasi pada penelitian ini dilakukan di Gasebu A.8 Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Pengujian spesimen dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Gedung Teknik Mesin Fakultas Teknik Politeknik Negeri Malang.

- Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan untuk mengerjakan penelitian dimulai pada Desember 2025 - Juli 2026 hingga segala data dan analisa yang dibutuhkan terpenuhi.

Variabel Penelitian

- Variabel bebas

Penelitian menganalisis pengaruh empat faktor utama, masing-masing dengan tiga level pengujian, untuk memperoleh kombinasi parameter yang menghasilkan kinerja komposit terbaik secara efisien dan terukur. Berikut adalah 4 faktor dan 3 levelnya:

A. Konsentrasi Perlakuan NaOH

- 1) Level 1: 3%
- 2) Level 2: 5%
- 3) Level 3: 7%

B. Lama Waktu Perendaman NaOH

- 1) Level 1: 1 Jam
- 2) Level 2: 3 Jam
- 3) Level 3: 5 Jam

C. Rasio Hibrida PALF:WHF Vf Serat Total 30%

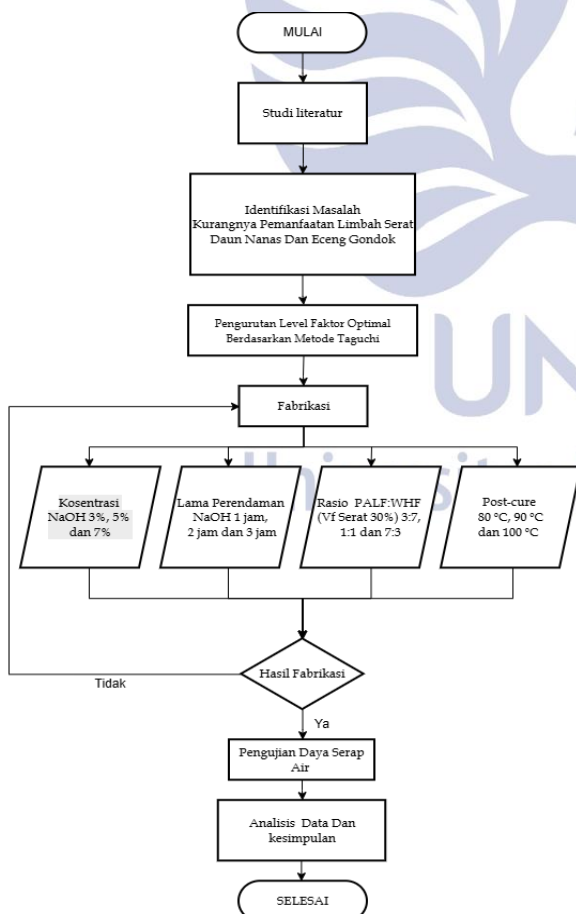
- 1) Level 1: 3:7
- 2) Level 2: 1:1
- 3) Level 3: 7:3

D. Suhu Post-Curing

- 1) Level 1: 80°C
- 2) Level 2: 90°C
- 3) Level 3: 100°C

- Variabel terikat
Uji Serap Air (ASTM D570)
- Variabel kontrol
 - A. Matrik polimer yang digunakan adalah polylactid acid (PLA).
 - B. Persentase volume serat total (PALF dan WHF) dalam komposit dijaga konstan 30%.
 - C. 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.
 - D. 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.
 - E. Proses pencetakan dilakukan menggunakan cetakan (mold) berbentuk balok dengan diameter yang seragam mengikuti standar ASTM D570 untuk seluruh spesimen.
 - F. Spesimen dibuat dengan alat press manual. Tekanan nominal tidak diukur, namun ketebalan spesimen dan waktu penekanan dijaga konstan untuk memastikan konsistensi proses.

Flow Chart Penelitian



Gambar 1 flow chart

Teknik Pengumpulan Data

- *Pre-Processing*
 - Studi literatur dan identifikasi variabel penelitian.
 - Persiapan serat daun nanas, serat eceng gondok, PLA, dan NaOH.
 - Perlakuan serat menggunakan larutan NaOH sesuai variasi konsentrasi dan waktu perendaman.
- *Processing*
 - Pembuatan spesimen komposit menggunakan metode *compression moulding*.
 - Pengaturan rasio serat PALF:WHF dan fraksi volume serat 30%.
 - Proses *post-curing* sesuai variasi suhu yang ditentukan
- *Post-processing*
 - Pengujian daya serap air berdasarkan ASTM D570
 - Pencatatan massa sebelum dan sesudah perendaman
 - Perhitungan persentase daya serap air

Teknik Analisis Data

Proses analisis data sangat berguna untuk menghasilkan kesimpulan yang akurat serta menilai keberhasilan dari penelitian yang dilakukan.

- Fraksi volume untuk spesimen uji serap air:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{cetak}} &= P \times L \times T \\
 V_f &= V_{\text{serat}}\% \times V_{\text{cetak}} \\
 V_{\text{matriks}} &= V_{\text{matriks}}\% \times V_{\text{cetak}} \\
 M_{\text{serat}} (\text{gram}) &= \rho_{\text{serat}} \times V_f \\
 M_{\text{matriks}} (\text{gram}) &= \rho_{\text{matriks}} \times V_{\text{matriks}} \\
 M_{\text{NaOH}} &= \text{kosentrasi NaOH}(\%) \times \rho_{\text{air}}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{cetak}} &= \text{volume cetakan (cm}^3\text{)} \\
 V_f &= \text{volume serat (cm}^3\text{)} \\
 V_{\text{matriks}} &= \text{volume matriks (cm}^3\text{)} \\
 V_{\text{serat}}\% &= \text{persentase volume serat (\%)} \\
 V_{\text{matriks}}\% &= \text{persentase volume matriks (\%)} \\
 M_{\text{serat}} &= \text{massa serat (gram)} \\
 M_{\text{matriks}} &= \text{massa matriks (gram)} \\
 M_{\text{NaOH}} &= \text{massa NaOH (gram)} \\
 \rho_{\text{serat}} &= \text{massa jenis serat (gram/cm}^3\text{)} \\
 \rho_{\text{matriks}} &= \text{massa jenis matriks (gram/cm}^3\text{)} \\
 \rho_{\text{air}} &= \text{massa jenis air (gram/cm}^3\text{)}
 \end{aligned}$$

(Rachmadi et al., 2023)

- Rumus dan dimensi spesimen uji serap air ASTM D570 (Crank et al., 2015)

$$\text{Rumus uji serap air} \\
 WA(\%) = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}
 W_0 &= \text{berat awal} \\
 W_1 &= \text{berat akhir}
 \end{aligned}$$

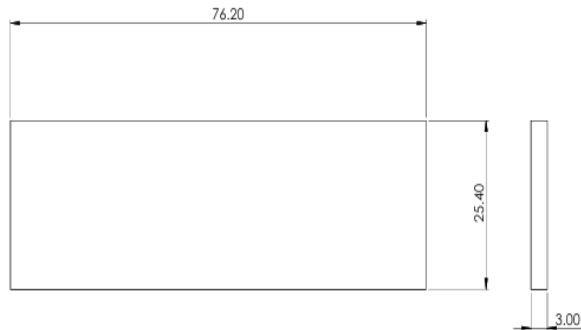
(Crank et al., 2015)

- Dimensi spesimen

Tabel 1 dimensi spesimen

Jenis Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Ketebalan (mm)
Pelat datar (Flat type)	76.2 ± 1.3	25.4 ± 0.25	3

Jenis Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Ketebalan (mm)
Alternatif untuk komposit kecil	50 × 50		



Gambar 2 ilustrasi dimensi uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Uji Serap Air

Penelitian ini dilaksanakan di Lab. Pengujian Bahan Politeknik Negeri Malang (POLINEMA) pada tanggal 11 juni 2026. Pada pelaksanaannya pengujian ini dilakukan sebanyak 9 kali percobaan atau run dengan 3 kali replikasi sehingga total keseluruhan adalah 27 spesimen.

Tabel 2 hasil uji serap air

Kode Sampel		W ₀ (gram)	W ₁ (gram)	Berat jenis (%)	rata rata berat jenis (%)
R ₁	r ₁	12,6282	12,6742	0.3643%	0.2317%
	r ₂	12,3377	12,3583	0.1670%	
	r ₃	12,6835	12,7043	0.1640%	
R ₂	r ₁	11,6878	11,6993	0.0984%	0.0940%
	r ₂	12,1902	12,2062	0.1313%	
	r ₃	12,5771	12,5837	0.0525%	
R ₃	r ₁	12,2715	12,2868	0.1247%	0.0708%
	r ₂	11,8612	11,8677	0.0548%	
	r ₃	11,8764	11,8803	0.0328%	
R ₄	r ₁	12,7582	12,762	0.0298%	0.0307%
	r ₂	12,3364	12,3404	0.0324%	
	r ₃	12,3531	12,3568	0.0300%	
R ₅	r ₁	14,3523	14,3569	0.0321%	0.0420%
	r ₂	13,8614	13,8633	0.0137%	
	r ₃	13,3515	13,3622	0.0801%	
R ₆	r ₁	15,1384	15,1462	0.0515%	0.0459%

	r ₂	14,5263	14,534	0.0530%	
	r ₃	15,0509	15,0559	0.0332%	
R ₇	r ₁	16,4286	16,4332	0.0280%	0.0241%
	r ₂	15,0132	15,0154	0.0147%	
	r ₃	15,4612	15,4658	0.0298%	
R ₈	r ₁	13,4306	13,4315	0.0067%	0.0158%
	r ₂	12,8422	12,8426	0.0031%	
	r ₃	13,3394	13,3444	0.0375%	
R ₉	r ₁	13,9378	13,9429	0.0366%	0.0250%
	r ₂	13,1209	13,124	0.0236%	
	r ₃	13,4917	13,4937	0.0148%	
keterangan					
W ₀ : Sebelum Perendaman					
W ₁ : Setelah Perendaman					
R : Run, r : replikasi					

Pada tabel diatas diketahui perbedaan faktor dan level menentukan nilai penyerapan air terhadap spesimen. Pengujian serap air dilakukan untuk mengetahui kemampuan komposit dalam menyerap air selama proses perendaman. Nilai serap air dihitung berdasarkan perubahan berat spesimen sebelum (W₀) dan setelah perendaman (W₁), kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase menggunakan persamaan yang telah ditetapkan. Semakin kecil persentase serap air yang diperoleh, semakin rendah kemampuan material menyerap air, yang mengindikasikan struktur komposit lebih rapat, porositas lebih rendah, serta memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap penetrasi air. Berikut adalah perhitungan serap air pada komposisi variasi satu:

Diketahui:

$$W_0 = 12,6282$$

$$W_1 = 12,6742$$

Maka:

$$WA(\%) = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\%$$

$$WA(\%) = \frac{12,6742 - 12,6282}{12,6282} \times 100\%$$

$$WA(\%) = \frac{0,0460}{12,6282} \times 100\%$$

$$WA(\%) = 0,3643\%$$

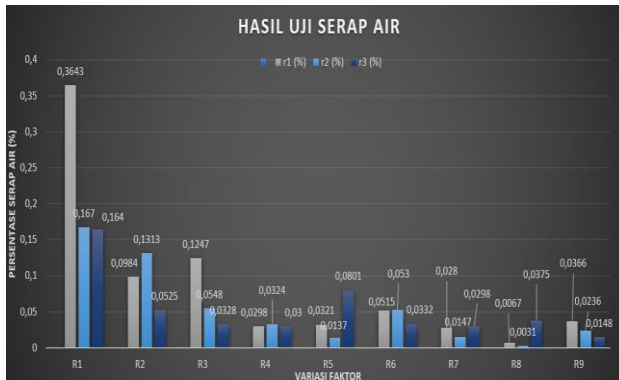
Keterangan:

W₀ = berat awal

W₁ = berat akhir

Pengujian daya serap air dilakukan mengacu pada standar ASTM D570, diawali dengan penimbangan berat awal spesimen (W₀). Spesimen selanjutnya direndam

sepenuhnya dalam media air pada suhu ruang selama kurun waktu 24 jam. Setelah proses perendaman selesai, spesimen diangkat dan permukaan luarnya dilap untuk membersihkan sisa air di permukaan tanpa menekan spesimen, kemudian segera ditimbang untuk memperoleh berat basah (W_1).



Gambar 3 grafik hasil uji serap air

Berdasarkan tabel dan grafik diatas hasil pengujian serap air terendah yaitu pada spesimen R8r2 dengan nilai 0,0031% dengan berat awal 12,8422 gram dan berat akhir 12,8426 sehingga hasil pengujian ini adalah yang terbaik. Untuk hasil pengujian yang tertinggi pada spesimen R1r1 dengan nilai 0,3643% dengan berat awal 12,6282 gram dan berat akhir 12,6742 gram. Sehingga didapatkan nilai rata-rata faktor yang terbaik pada run 8 dengan nilai 0,0158%. Kemudian untuk nilai rata-rata tertinggi didapatkan pada run 1 dengan nilai 0,2317%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kombinasi parameter terbaik diperoleh pada konsentrasi NaOH 7%, lama perendaman 5 jam, rasio hibrida PALF:WHF 1:1, dan suhu post-curing 100°C (variasi R8), dengan nilai daya serap air terendah sebesar 0,0158%. Sebaliknya, nilai daya serap air tertinggi diperoleh pada variasi R1 (konsentrasi NaOH, lama perendaman, rasio hibrida, dan suhu post-curing pada level terendah) dengan nilai 0,2317%.
2. Hasil pengamatan foto makro mendukung data kuantitatif, di mana spesimen dengan daya serap air tinggi (R1r1) menunjukkan banyak void, celah, dan ikatan antarmuka serat-matriks yang kurang optimal, sedangkan spesimen dengan daya serap air rendah (R8r2) menunjukkan struktur yang lebih homogen, padat, dan ikatan serat-matriks yang lebih baik.
3. Perlakuan alkalisasi NaOH terbukti efektif menghilangkan lignin, hemiselulosa, dan kotoran pada permukaan serat sehingga meningkatkan ikatan antarmuka serat-matriks dan menurunkan porositas komposit, meskipun tidak sepenuhnya menghilangkan sifat hidrofilik alami dari serat.

Saran

beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

1. Perlu dilakukan variasi konsentrasi NaOH di atas 7% dan suhu post-curing di atas 100°C untuk mengetahui apakah masih terdapat potensi penurunan daya serap air lebih lanjut atau justru terjadi kerusakan struktur serat akibat perlakuan yang berlebihan (over-treatment).
2. Perlu dilakukan pengujian tambahan seperti SEM (Scanning Electron Microscope) untuk memperjelas hasil pengamatan foto makro terkait void, porositas, dan interfacial bonding antara serat dan matriks secara lebih detail.
3. Tekanan (pressure) pada proses compression moulding sebaiknya diukur dan dikontrol secara kuantitatif pada penelitian selanjutnya, tidak hanya mengandalkan alat press manual, agar konsistensi dan reproduktifitas hasil fabrikasi spesimen dapat lebih terjamin.

DAFTAR PUSTAKA

- Azka, M. A., Sapuan, S. M., Abral, H., Zainudin, E. S., & Aziz, F. A. (2024). An examination of recent research of water absorption behavior of natural fiber reinforced polylactic acid (PLA) composites: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 268(P1), 131845. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131845>
- Bawono, B., & Anggoro, P. W. (2023). *Perilaku Penyerapan Air Terhadap Sifat Mekanik Biokomposit Serat Kenaf / Rami*. 18(1), 29–36.
- Cosse, R. L., van der Most, T., Voet, V. S. D., Folkersma, R., & Loos, K. (2025). Improving the Long-Term Mechanical Properties of Thermoplastic Short Natural Fiber Compounds by Using Alternative Matrices. *Biomimetics*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/biomimetics10010046>
- Crank, J., Park, G. S., Press, A., & Huvard, G. S. (2015). *Standard Test Method for Water Absorption of Plastics*. 1. 98(Reapproved 2010), 1–4. <https://doi.org/10.1520/D0570-98R10E01.2>
- Nasution, F. A. K. (2017). Penyelidikan Karakteristik Mekanik Tarik Komposit Serbuk Kasar Kenaf. *Jurnal Inotera*, 2(1), 1–8.
- Rachmadi, W., Ningsih, T. H., Mesin, T., Surabaya, U. N., Mesin, T., & Surabaya, U. N. (2023). *Naoh Serta Fraksi Volume Pada Komposit Serat Kulit Jagung*. 2(1), 30–38.
- Sinaga, F., & Harijono, A. (2025). *PENGARUH WAKTU DAN KONSENTRASI ALKALISASI TERHADAP KEKUATAN BENDING KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT DAUN NANAS DENGAN MATRIKS EPOXY*. 9(6).
- Sulaiman, M., & Rahmat, M. H. (2018). Kajian Potensi Pengembangan Material Komposit Polimer Dengan Serat Alam Untuk Produk Otomotif. *Sistem*, 4(1), 9–

15.

- Vania rizqy nurussyifa, Tri Mulyanto, & Angga Badrussalam. (2025). Karakterisasi Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Komposit Berbasis Serat Kulit Lantung dan Eceng Gondok Menggunakan Resin Polyester Yukalac C-108. *Inovasi Mekanikal Dan Aplikasi Teknik Mesin*, 1(2), 67–81. <https://doi.org/10.63891/impak.v1i2.70>

