

PENGARUH PARAMETER PROSES TERHADAP KEKERASAN KOMPOSIT HIBRIDA SERAT ECENG GONDOK-DAUN NANAS BERBASIS PLA

Krisna Fadilah

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: krisnafadila@mhs.unesa.ac.id

Tri Hartutuk Ningsih

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: triningsih@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan material ramah lingkungan mendorong pemanfaatan komposit berbasis serat alam sebagai alternatif material sintetis. Komposit hibrida berbasis Polylactic Acid (PLA) yang diperkuat serat eceng gondok dan daun nanas berpotensi dikembangkan karena ringan, biodegradable, dan tersedia melimpah. Namun, karakteristik mekaniknya dipengaruhi oleh berbagai parameter proses. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh konsentrasi NaOH, waktu perendaman, rasio serat eceng gondok–daun nanas, dan suhu post-cure terhadap kekerasan komposit hibrida berbasis PLA. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan sembilan kombinasi perlakuan, meliputi konsentrasi NaOH 3%, 5%, dan 7%, waktu perendaman 1, 3, dan 5 jam, rasio serat 3:7, 1:1, dan 7:3, serta suhu post-cure 80°C, 90°C, dan 100°C. Spesimen difabrikasi menggunakan metode compression molding dan diuji menggunakan metode Shore D sesuai ASTM D2240. Data dianalisis berdasarkan nilai rata-rata dan analisis varians untuk mengetahui kecenderungan pengaruh setiap parameter terhadap kekerasan komposit. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan berada pada rentang 75,83–78,67 SHD. Nilai tertinggi diperoleh pada konsentrasi NaOH 5%, waktu perendaman 1 jam, rasio serat 1:1, dan suhu post-cure 100°C dengan kekerasan rata-rata 78,67 SHD. Rasio serat menunjukkan kecenderungan pengaruh terbesar, dengan rata-rata kekerasan tertinggi pada rasio 1:1 sebesar 77,94 SHD. Hasil ini menunjukkan bahwa komposisi serat dan kondisi post-cure berperan terhadap karakteristik kekerasan komposit hibrida berbasis PLA.

Kata Kunci: Komposit hibrida, Polylactic Acid (PLA), serat eceng gondok, serat daun nanas, kekerasan Shore D.

Abstract

The development of environmentally friendly materials has encouraged the utilization of natural fiber-based composites as an alternative to synthetic materials. Hybrid composites based on Polylactic Acid (PLA) reinforced with water hyacinth and pineapple leaf fibers have potential for further development because they are lightweight, biodegradable, and abundantly available. However, their mechanical characteristics are influenced by various processing parameters. This study aimed to analyze the effects of NaOH concentration, immersion time, water hyacinth–pineapple leaf fiber ratio, and post-curing temperature on the hardness of PLA-based hybrid composites. An experimental method was employed using nine treatment combinations, consisting of NaOH concentrations of 3%, 5%, and 7%, immersion times of 1, 3, and 5 hours, fiber ratios of 3:7, 1:1, and 7:3, and post-curing temperatures of 80°C, 90°C, and 100°C. The specimens were fabricated using the compression molding method and tested using the Shore D hardness method according to ASTM D2240. The data were analyzed based on the mean hardness values and analysis of variance to determine the tendency of each processing parameter to affect composite hardness. The results showed that the hardness values ranged from 75.83 to 78.67 SHD. The highest hardness was obtained at a NaOH concentration of 5%, an immersion time of 1 hour, a fiber ratio of 1:1, and a post-curing temperature of 100°C, with an average hardness of 78.67 SHD. The fiber ratio showed the greatest tendency to influence hardness, with the highest average hardness of 77.94 SHD obtained at a 1:1 ratio. These results indicate that fiber composition and post-curing conditions contribute to the hardness characteristics of PLA-based hybrid composites.

Keywords: Hybrid composite, Polylactic Acid (PLA), water hyacinth fiber, pineapple leaf fiber, Shore D hardness.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi material mendorong meningkatnya penggunaan material komposit sebagai alternatif pengganti material konvensional pada berbagai aplikasi teknik. Dibandingkan logam, material komposit memiliki keunggulan berupa massa jenis yang lebih rendah, ketahanan korosi yang baik, serta rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi sehingga banyak diterapkan pada industri otomotif, kelautan, dan manufaktur. Seiring meningkatnya perhatian terhadap isu keberlanjutan, penggunaan serat sintetis sebagai bahan penguat mulai

digantikan oleh serat alam yang bersifat terbarukan, mudah diperoleh, memiliki densitas rendah, dan lebih ramah lingkungan (Pickering et al., 2016).

Salah satu matriks polimer yang banyak dikembangkan dalam komposit ramah lingkungan adalah Polylactic Acid (PLA). PLA merupakan polimer termoplastik biodegradable yang memiliki sifat mekanik baik, mudah diproses, serta berpotensi diaplikasikan pada berbagai produk rekayasa, termasuk komponen otomotif non-struktural (Giammaria et al., 2024). Untuk meningkatkan performa mekaniknya, PLA dapat dipadukan dengan serat alam sebagai bahan penguat. Di

antara berbagai jenis serat alam, serat eceng gondok dan serat daun nanas memiliki potensi yang besar karena tersedia melimpah di Indonesia, mengandung selulosa yang tinggi, serta mampu meningkatkan karakteristik mekanik material komposit (Hastuti et al., 2018).

Meskipun demikian, penggunaan serat alam sebagai penguat komposit masih menghadapi tantangan berupa rendahnya kualitas ikatan antarmuka antara serat dan matriks. Perbedaan sifat hidrofilik serat alam dan sifat hidrofobik PLA menyebabkan adhesi antarmuka menjadi kurang optimal sehingga dapat menurunkan sifat mekanik komposit. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas ikatan tersebut adalah perlakuan alkali menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH). Perlakuan alkali mampu menghilangkan sebagian hemiselulosa, lignin, dan pengotor pada permukaan serat sehingga meningkatkan kekasaran permukaan serta memperbaiki adhesi antara serat dan matriks (Ekoputra et al., 2018). Selain perlakuan alkali, parameter proses seperti waktu perendaman, rasio serat eceng gondok–daun nanas, dan suhu post-cure juga berpengaruh terhadap karakteristik akhir komposit.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa komposit berbasis PLA yang diperkuat serat daun nanas mengalami peningkatan sifat mekanik setelah perlakuan alkali dan pengaturan fraksi serat (Sethupathi et al., 2024). Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada penggunaan satu jenis serat atau matriks berbasis resin sintesis. Kajian mengenai komposit hibrida berbasis PLA yang diperkuat kombinasi serat eceng gondok dan serat daun nanas dengan mempertimbangkan pengaruh konsentrasi NaOH, waktu perendaman, rasio serat, dan suhu post-cure terhadap sifat kekerasan masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh keempat parameter proses tersebut terhadap kekerasan komposit hibrida berbasis PLA. Komposit difabrikasi menggunakan metode compression molding, kemudian karakteristik kekerasannya dievaluasi menggunakan pengujian Shore D sesuai standar ASTM D2240.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini Adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi NaOH, waktu perendaman, rasio serat daun nanas–serat eceng gondok, dan suhu *post-cure* terhadap nilai kekerasan komposit hibrida berbasis PLA?
2. Kombinasi perlakuan manakah yang menghasilkan nilai kekerasan tertinggi pada komposit hibrida berbasis PLA berdasarkan hasil pengujian eksperimental?

Tujuan Penelitian

Adapun dari tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi NaOH, waktu perendaman, rasio serat daun nanas–serat eceng gondok, dan suhu *post-cure* terhadap kekerasan komposit hibrida berbasis PLA.
2. Menentukan kombinasi perlakuan yang menghasilkan nilai kekerasan tertinggi berdasarkan hasil pengujian eksperimental.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh parameter proses terhadap kekerasan komposit hibrida berbasis *Polylactic Acid* (PLA) yang diperkuat serat eceng gondok dan serat daun nanas. Parameter yang divariasikan meliputi konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) sebesar 3%, 5%, dan 7%; waktu perendaman selama 1, 3, dan 5 jam; rasio serat eceng gondok–daun nanas sebesar 3:7, 1:1, dan 7:3; serta suhu *post-cure* sebesar 80°C, 90°C, dan 100°C. Fraksi volume total serat dipertahankan sebesar 30% pada seluruh spesimen. Bahan yang digunakan terdiri atas serat eceng gondok, serat daun nanas, PLA, NaOH, dan aquades.

Tempat Dan Waktu Penelitian

1. Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan untuk mengerjakan penelitian dimulai pada Desember 2025 – Juli 2026 hingga segala data dan analisa yang Di butuhkan terpenuhi

2. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Gedung A8, Universitas Negeri Surabaya.

Variable Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Variable Bebas

- a. Faktor Konsentrasi NaOH 3% (level 1), 5% (level 2) dan 7% (level 3)
- b. Lama Waktu Perendaman 1 jam (level 1), 3 jam (level 2) dan 5 jam (level 3)
- c. Rasio Antara Serat daun nanas: Serat eceng gondok (V_f serat total 30%) 3:7 (level 1), 1:1 (level 2) dan 7:3 (level 3)
- d. *Post-cure* dengan waktu 30 menit dan suhu sebagai berikut 80 °C (level 1), 90 °C (level 2) dan 100 °C (level 3)

2. Variable Kontrol

- a. Fraksi volume total serat daun nanas dan serat eceng gondok pada komposit ditetapkan tetap sebesar 30%.
- b. Proses pencetakan menggunakan cetakan berbentuk balok dengan dimensi seragam sesuai standar ASTM D2240 untuk seluruh spesimen.
- c. Spesimen difabrikasi dengan metode compression moulding menggunakan alat press manual. Meskipun tekanan nominal tidak diukur secara kuantitatif, ketebalan spesimen dan lama penekanan dikontrol secara konstan untuk menjaga konsistensi proses.

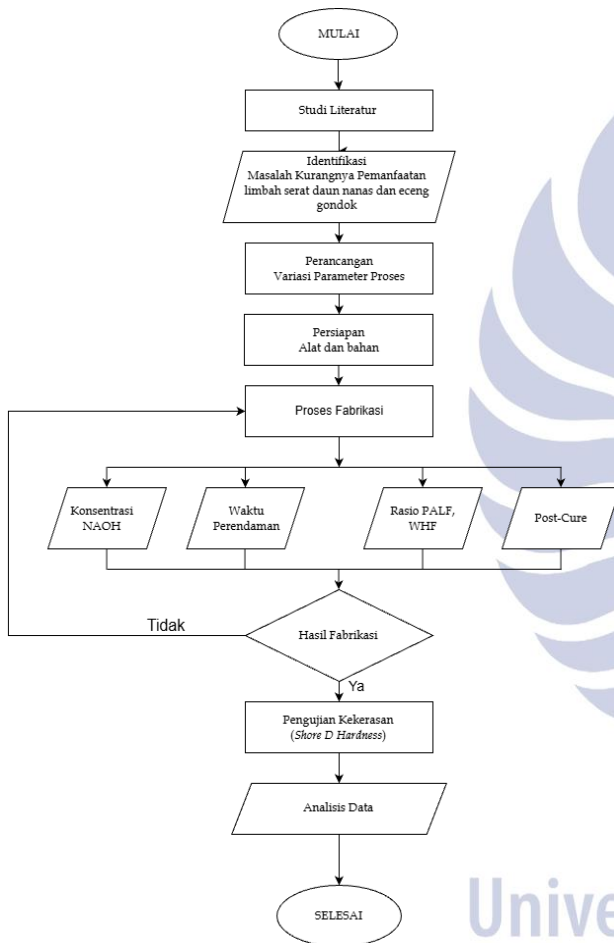
3. Variable Terikat

- a. Pengujian Kekerasan Shore D

Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekerasan Komposit Hibrida Serat Eceng Gondok-Daun Nanas Berbasis PLA

Rancangan Penelitian

Data hasil pengujian kekerasan diperoleh dari tiga titik pengukuran pada setiap spesimen. Nilai dari ketiga titik tersebut kemudian dihitung rata-ratanya untuk memperoleh nilai kekerasan masing-masing spesimen. Nilai rata-rata setiap spesimen selanjutnya digunakan sebagai data hasil penelitian untuk membandingkan kekerasan komposit pada setiap variasi perlakuan. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menunjukkan kecenderungan perubahan nilai kekerasan akibat variasi konsentrasi NaOH, waktu perendaman, rasio serat eceng gondok–daun nanas, dan suhu post-cure.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Bahan, Peralatan Dan Instrumen Penelitian

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:
 - a. Serat Daun nanas
 - b. Serat Eceng gondok
 - c. Polylactic Acid (PLA)
 - d. Natrium hidroksida (NaOH)
 - e. Aquades (air suling)
2. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:
 - a. Oven
 - b. Cetakan (mold) komposit.
 - c. Compression molding/alat press.
 - d. glass breker
 - e. Amplas dan gunting

3. Instrumen Peneleitian

- a. Thermogun (mengukur suhu permukaan saat proses fabrikasi atau post-cure).
- b. Jangka sorong (mengukur dimensi spesimen).
- c. Timbangan digital (mengukur massa bahan).
- d. Shore D Hardness Tester

Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan menyiapkan bahan berupa serat eceng gondok, serat daun nanas, Polylactic Acid (PLA), larutan NaOH, dan aquades. Serat kemudian diberi perlakuan alkalisasi sesuai variasi konsentrasi NaOH dan lama waktu perendaman, kemudian serat dikeringkan hingga benar-benar kering agar siap digunakan. Selanjutnya, serat eceng gondok dan serat daun nanas dicampurkan dengan matriks PLA berdasarkan variasi rasio yang telah ditentukan sehingga diperoleh campuran dengan distribusierat secara acak (random). Campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan (molding) yang telah disesuaikan dengan dimensi spesimen berdasarkan standar ASTM D2240. Cetakan kemudian dipanaskan di dalam oven pada suhu 180°C selama ± 30 menit hingga matriks PLA meleleh. Setelah proses pemanasan selesai, cetakan dikeluarkan dari oven dan segera dipress menggunakan alat compression molding untuk membentuk spesimen komposit. Spesimen selanjutnya menjalani proses post-cure sesuai variasi suhu yang telah ditentukan sebelum dilakukan pengujian kekerasan menggunakan Shore D Hardness berdasarkan standar ASTM D2240.

Pengujian Dan Pengumpulan Data Kekerasan Shore D

Pengumpulan data dilakukan melalui pengujian kekerasan menggunakan Shore D Hardness Tester sesuai standar ASTM D2240. Spesimen dibuat dengan ketebalan 6–12 mm sesuai persyaratan pengujian. Pengukuran dilakukan pada tiga titik pada setiap spesimen menggunakan metode manual hand-held operation of durometer. Nilai kekerasan dibaca secara langsung dalam satuan Shore D Hardness (SHD) dengan rentang pengukuran 0–100 SHD, kemudian dicatat sebagai data hasil pengujian. Setiap variasi perlakuan dilakukan sebanyak dua replikasi. Nilai dari tiga titik pengukuran pada setiap spesimen selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai rata-rata kekerasan spesimen. Proses pelaksanaan pengujian kekerasan Shore D pada spesimen komposit ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2 Proses pengujian kekerasan Shore D pada spesimen komposit

Pengujian kekerasan menggunakan uji kekerasan Shore D metode Manual (Hand Held) Operation of Durometer dengan standar ASTM D2240. Nilai kekerasan diperoleh dari pembacaan langsung pada alat dalam satuan Shore D Hardness (SHD), kemudian dihitung berdasarkan rata-rata hasil pengujian pada tiga titik menggunakan Persamaan (1).

$$H = (H_1 + H_2 + H_3)/n$$

Keterangan:

H= rata-rata kekerasan Shore D

H_1, H_2, H_3 ,= nilai hasil pengujian kekerasan

n= jumlah data pengujian

Teknik Analisa Data

Data hasil pengujian kekerasan Shore D diperoleh dari tiga titik pengukuran pada setiap spesimen. Nilai dari ketiga titik tersebut dihitung rata-ratanya untuk memperoleh nilai kekerasan setiap spesimen. Selanjutnya, nilai rata-rata dari setiap replikasi dihitung kembali untuk memperoleh nilai kekerasan akhir pada masing-masing variasi perlakuan. Data akhir kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk membandingkan nilai kekerasan pada setiap variasi parameter proses.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kekerasan Shore D

Tabel 1 Hasil Pengujian Kekerasan Shore D

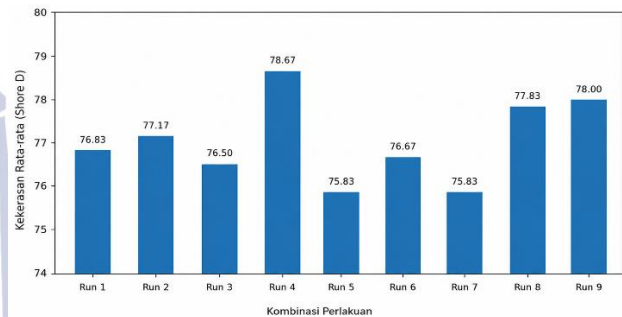
No	NaOH (%)	Waktu Perendaman	Rasio (SEG:SD:N)	Post cure (°C)	Replikasi	Nilai Titik 1	Nilai Titik 2	Nilai Titik 3	Rata-Rata (SHD)	Rata-Rata Akhir
1	3	1	3:7	80	Rep 1	76	76	75	75,67	76,84
					Rep 2	78	78	78	78,00	
					Rep 1	79	78	78	78,33	
2	3	3	1:1	90	Rep 2	77	76	75	76,00	77,17
					Rep 1	78	79	78	78,33	
					Rep 2	75	75	74	74,67	
3	3	5	7:3	100	Rep 1	78	79	78	78,33	76,50
					Rep 2	75	75	74	74,67	
					Rep 1	78	79	78	78,33	
4	5	1	1:1	100	Rep 2	79	79	79	79,00	78,67
					Rep 1	77	77	75	76,33	
					Rep 2	75	76	75	75,33	
5	5	3	7:3	80	Rep 1	77	78	77	77,33	76,67
					Rep 2	76	76	76	76,00	
					Rep 1	77	77	76	76,67	
6	5	5	3:7	90	Rep 2	75	75	75	75,00	75,84
					Rep 1	78	78	79	78,33	
					Rep 2	77	78	77	77,33	
7	7	1	7:3	90	Rep 1	78	78	78	78,00	78,00
					Rep 2	78	78	78	78,00	
					Rep 1	78	78	78	78,00	

Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 1, nilai kekerasan komposit hibrida berbasis PLA menunjukkan variasi pada setiap kombinasi perlakuan. Nilai kekerasan diperoleh dari rata-rata tiga titik pengukuran pada setiap spesimen, kemudian dirata-ratakan antar-replikasi untuk memperoleh nilai akhir masing-masing perlakuan. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh sebesar 78,67 SHD pada konsentrasi NaOH 5%, waktu perendaman 1 jam, rasio serat eceng gondok–daun nanas 1:1, dan suhu post-cure 100°C. Sementara itu, nilai terendah sebesar 75,83 SHD diperoleh pada konsentrasi NaOH 5%, waktu perendaman 3 jam, rasio serat 7:3, dan suhu post-cure 80°C. Pengujian kekerasan Shore D bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan permukaan komposit sesuai standar ASTM D2240. Perhitungan nilai

kekerasan pada tabel di atas dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan (1):

$$\begin{aligned}
 H &= (H_1 + H_2 + H_3)/n \\
 &= \frac{76 + 76 + 75}{3} \\
 &= 75,67 \text{ SHD}
 \end{aligned}$$

Nilai kekerasan Shore D pada persamaan (1) di atas menunjukkan nilai kekerasan cukup tinggi mendekati nilai maksimum (100 SHD). Semakin mendekati nilai 100 SHD Tingkat kekerasan semakin baik.



Grafik 1 Hasil pengujian kekerasan Shore D

Berdasarkan grafik hasil pengujian kekerasan Shore D, nilai rata-rata setiap replikasi, kekerasan komposit hibrida serat eceng gondok–daun nanas berbasis PLA pada sembilan run menunjukkan variasi pada setiap kombinasi perlakuan. Nilai rata-rata kekerasan berada pada rentang 75,83–78,67 SHD. Nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada Run 4 sebesar 78,67 SHD, sedangkan nilai rata-rata terendah sebesar 75,83 SHD terdapat pada Run 5 dan Run 7. Selisih antara nilai rata-rata tertinggi dan terendah sebesar 2,84 SHD menunjukkan adanya perbedaan respons kekerasan pada setiap kombinasi perlakuan.

Run 4 menghasilkan nilai rata-rata kekerasan tertinggi, yaitu 78,67 SHD, dengan kombinasi konsentrasi NaOH 5%, waktu perendaman 1 jam, rasio serat 1:1, dan suhu post-cure 100°C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa setiap kombinasi perlakuan menghasilkan nilai rata-rata kekerasan yang berbeda pada komposit hibrida berbasis PLA.

Perbandingan Kekerasan Komposit Hibrida dengan PLA Murni (Neat PLA)

Untuk mengevaluasi sejauh mana penambahan serat hibrida (eceng gondok dan daun nanas) serta variasi parameter proses mampu meningkatkan sifat mekanik material, dilakukan perbandingan nilai kekerasan Shore D antara komposit hibrida hasil penelitian dengan PLA murni (neat PLA). Berdasarkan penelitian (D.Garcia-Garcia dkk., 2024), PLA murni memiliki nilai kekerasan sebesar 60,00 SHD. Perbandingan nilai kekerasan Shore D antara PLA murni dengan komposit hibrida pada kondisi eksperimen terendah dan tertinggi disajikan pada Tabel X.

Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekerasan Komposit Hibrida Serat Eceng Gondok-Daun Nanas Berbasis PLA

Tabel 2 Perbandingan Nilai Kekerasan Shore D PLA Murni dan Komposit Hibrida

Jenis Material / Kondisi Spesimen	Parameter Utama	Nilai Kekerasan (SHD)	Peningkatan terhadap PLA Murni (%)
PLA Murni (Neat PLA)	Tanpa serat /tanpa perlakuan	60,00	-
Komposit Hibrida (Rata-rata Terendah - Run 7)	NaOH 7%, perendaman 1 jam, rasio 7:3, post-cure 90°C	78,67	+ 26,38%
Komposit Hibrida (Rata-rata Tertinggi - Run 4)	NaOH 5%, perendaman 1 jam, rasio 1:1, post-cure 100°C	79,17	+31,12%

Berdasarkan **Tabel 2**, nilai kekerasan komposit hibrida pada Run 7 sebagai hasil terendah sebesar 75,83 SHD masih lebih tinggi dibandingkan PLA murni sebesar 60,00 SHD, dengan peningkatan sebesar 26,38%. Sementara itu, Run 4 sebagai hasil tertinggi menghasilkan kekerasan sebesar 78,67 SHD atau meningkat sebesar 31,12% dibandingkan PLA murni. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komposit hibrida serat eceng gondok dan daun nanas berbasis PLA memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan PLA murni, baik pada kondisi hasil pengujian terendah maupun tertinggi.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan terhadap komposit hibrida serat eceng gondok dan serat daun nanas bermatriks Polylactic Acid (PLA), maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi konsentrasi NaOH, waktu perendaman, rasio serat eceng gondok–daun nanas, dan suhu post-cure menghasilkan perbedaan nilai kekerasan komposit hibrida berbasis PLA. Nilai rata-rata kekerasan Shore D dari sembilan kombinasi perlakuan berada pada rentang 75,83–78,67 SHD.
2. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada Run 4 sebesar 78,67 SHD, dengan kombinasi konsentrasi NaOH 5%, waktu perendaman 1 jam, rasio serat 1:1, dan suhu post-cure 100°C. Rasio serat 1:1 juga menunjukkan kecenderungan menghasilkan nilai kekerasan rata-rata tertinggi dibandingkan rasio lainnya.
3. Perbandingan dengan PLA murni menunjukkan bahwa komposit hibrida memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi. Nilai kekerasan pada Run 7 sebagai hasil terendah sebesar 75,83 SHD meningkat 26,38% dibandingkan PLA murni sebesar 60,00 SHD, sedangkan Run 4 sebagai hasil tertinggi sebesar 78,67 SHD meningkat 31,12%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan serat eceng gondok dan daun nanas pada matriks PLA mampu meningkatkan karakteristik kekerasan material.

Saran

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, sehingga

diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk memperoleh karakteristik komposit yang lebih optimal. Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Variasi parameter proses dapat diperluas, seperti fraksi volume serat, ukuran serat, orientasi serat, serta suhu dan waktu post-cure, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat mekanik komposit.
2. Proses compression molding disarankan menggunakan sistem penekanan yang dapat diukur secara kuantitatif, karena pada penelitian ini tekanan yang diberikan belum dapat diketahui secara pasti akibat penggunaan alat manual press. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan variasi proses yang dapat memengaruhi keseragaman dan konsistensi spesimen.
3. Pengujian tidak hanya terbatas pada kekerasan Shore D, tetapi dapat dilengkapi dengan uji tarik, uji geser, uji serap air, dan uji dampak untuk memperoleh gambaran karakteristik mekanik komposit secara lebih menyeluruh.
4. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan karakterisasi mikrostruktur menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) untuk mengamati kondisi ikatan serat–matriks, keberadaan void, serta karakteristik kerusakan pada komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Pickering, K. L., Efendy, M. G. A., & Le, T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 83, 98–112. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.038>
- Giammaria, V., Capretti, M., Del Bianco, G., Boria, S., & Santulli, C. (2024). Application of Poly(lactic Acid) Composites in the Automotive Sector: A Critical Review. *Polymers*, 16(21), 1–21. <https://doi.org/10.3390/polym16213059>
- Hastuti, S., Pramono, C., & Akhmad, Y. (2018). Sifat Mekanis Serat Enceng Gondok Sebagai Material Komposit Serat Alam Yang Biodegradable. *Journal of Mechanical Engineering*, 2(1). <https://doi.org/10.31002/jom.v2i1.806>
- Ekoputra, F. A., Sulistijono, S., & Ismail, I. (2018). Effect a Chemical Treatment of Pineapple Leaf Fiber (PALF) for Mechanical Properties as a Reinforced Composite Matrix Polyesters. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 0(4), 19. <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2018i4.3840>
- Sethupathi, M., Khumalo, M. V., Skosana, S. J., & Muniyasamy, S. (2024). Recent Developments of Pineapple Leaf Fiber (PALF) Utilization in the Polymer Composites – A Review.

<https://doi.org/10.3390/separations11080245>

Gazquez-Navarro , J. Ivorra-Martinez , L. Sanchez-Nacher , D. Garcia-Garcia, J. G.-C. *. (2024). New tartrate and α -tocopherol based environmentally friendly plasticizers for improvement of the ductility of polylactic acid. *J. Gomez Caturla et Al(2024), 308(July)*.



UNESA

Universitas Negeri Surabaya