

ANALISA KEKUATAN IMPAK SERTA KEKERASAN KOMPOSIT BAMBU UNTUK APLIKASI PINTU AIR TAMBAK

Muntasir¹, Indra Mawardi², Sariyusda²

¹Mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Medan – Banda Aceh Km. 280 Buketrata

*Penulis Koresponden: indratm@pnl.ac.id

Abstrak

Material konvensional seperti kayu dan logam yang digunakan pada konstruksi pintu air tambak sering mengalami kerusakan akibat paparan air payau yang bersifat korosif, seperti pembusukan dan karat. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif material yang tidak hanya tahan terhadap lingkungan, tetapi juga ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sifat mekanik komposit berbahan serat bambu dengan resin polyester sebagai matriks, guna mengevaluasi potensi penggunaannya sebagai pengganti material konvensional. Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode hand lay-up, menggunakan variasi fraksi volume serat bambu sebesar 10%, 20%, dan 30%. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai dampak, kekerasan (*hardness*), densitas, dan daya serap air. Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan serat bambu, semakin baik kemampuan komposit dalam menahan benturan dan meningkatkan kekerasan material. Komposisi 30% serat menghasilkan nilai dampak tertinggi sebesar 19.252 J/m² dan kekerasan maksimal 85,8 HD. Densitas meningkat seiring bertambahnya serat, sedangkan daya serap air tertinggi terjadi pada komposisi 20% karena kemungkinan distribusi serat yang tidak merata. Berdasarkan hasil tersebut, komposit serat bambu dengan resin polyester layak dikembangkan sebagai material alternatif yang kuat, tahan lama, dan ramah lingkungan untuk aplikasi pintu air tambak. Penelitian lanjutan disarankan dengan memperluas variasi fraksi serat dan jenis pengujian mekanik lainnya untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

Kata kunci: material komposit, serat bambu, resin polyester, daya serap air, dampak, kekerasan, *hand lay-up*, pintu air tambak.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Material komposit terdiri dari satu jenis material dan didesain untuk memperoleh gabungan sifat terbaik dari setiap elemen pembentuknya. Dibanding dengan material konvensional, bahan komposit mempunyai banyak kelebihan. Beberapa diantaranya memiliki daya tahan yang dapat disesuaikan, berat lebih ringan, kekuatan maupun ketahanan lebih besar, anti karat dan tidak mudah aus[1].

Supaya lebih kokoh serta awet, material ini umumnya menyertakan penguat serta matriks selaku pengikat. Sebab kekuatan, daya tahan, serta ketahanannya terhadap korosi dan keausan, material komposit semacam fiberglass, komposit karbon serta beton berulang kerap digunakan di zona manufaktur, otomotif, serta konstruksi. Sifat logam yang lebih berat serta biayanya lebih mahal berdampak dikembangkan material non logam eksklusifnya dengan penguat serat alam

yang bertabiat lebih ringan, gampang dibangun, tahan terhadap korosi, biayanya murah serta sanggup bersaing dengan material serat sintetis[2].

Serat alam ialah alternatif filter komposit untuk bermacam komposit polimer sebab keunggulannya dibandingkan serat sintetis gampang didapatkan dengan harga yang murah, gampang diproses, densitasnya rendah, dan ramah lingkungan[3]. Bambu merupakan tanaman yang berpotensi sebagai bahan penguat komposit untuk aplikasi material pada pintu air tambak. Selain itu, bambu memiliki beragam manfaat, mulai dari kerajinan, bahan makanan, industri, hingga konstruksi, seperti digunakan untuk topi, furnitur, alat musik angklung, rebung, kertas, dan bahan bangunan[4]. Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan penelitian terkait bambu sebagai bahan penguat

komposit, menurut peneliti M. Zaky et al., (2021). menerangkan bahwa lapisan bambu yang maksimal dapat menambah kekerasan komposit, dengan susunan anyam serta jarak antar serat 1 mm memberi nilai kekerasan paling tinggi[5].

Pada penelitian yang dilakukan oleh F. A. Wahyudi et al., (2017). yang mengkaji dampak perbedaan bagian kapasitas serat bambu (5%-20%) pada kekuatan impak komposit bambu berbasis resin *poliester*. Temuannya memperlihatkan bahwa penambahan fraksi kapasitas serat menambahkan kekuatan impak hingga 27,44 KJ/m² pada komposisi 20%[6]. Selain itu, peneliti P. M. Nurhanisa et al., (2021). menyatakan bahwa papan komposit berbasis serat bambu memiliki modulus elastisitas dan modulus patah yang cukup tinggi, menjadikan pilihan pengganti kayu dalam berbagai aplikasi struktural[7]. Peneliti S. Sunardi et al., (2023). juga melakukan penelitian mengenai dampak perendaman bambu dalam air laut terhadap karakteristik mekaniknya. Temuannya menunjukkan bahwa perendaman bambu dengan air laut cenderung mengurangi kekerasan serta kecepatan keausan komposit [8].

K. Fiber et al. (2023) menyatakan bahwa metode hand lay-up dalam pembuatan komposit serat bambu mampu menghasilkan kualitas dan konsistensi komposit yang baik [9]. Adapun peneliti K. Roni (2023) meneliti pengaruh cuaca terhadap densitas komposit poliester-serat bambu petung selama enam bulan, dengan hasil menunjukkan fluktuasi densitas tertinggi pada Februari dan menurun pada April [10].

Disisi lain yang belum ditinjau adalah pintu air tambak, karena pintu air tambak biasanya menggunakan material seperti logam dan kayu, yang memiliki kelemahan seperti rentan terhadap korosi atau pembusukan di lingkungan air asin atau air payau, maka perlu dicari alternatif yang kuat dan memiliki sifat mekanis yang baik. Pada penelitian ini menawarkan material alternatif yaitu komposit serat bambu dengan fagus pada pengujian impak dan hardness.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan

Pembuatan komposit bambu membutuhkan serat bambu sebagai *filler* dari

komposit. Serat bambu yang dibeli oleh penulis merupakan serat yang telah diserut menggunakan ketam dengan Geometri serat Panjang 600 mm, Lebar 5 mm, dan Tebal 1 mm. Dan menggunakan resin *Polyester* sebagai pengikatnya.

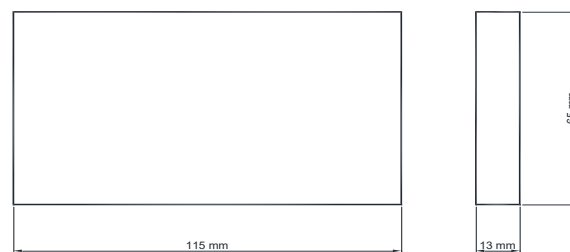
2.2 Manufaktur Komposit

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Dengan variasi yang telah ditetapkan seperti tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Penelitian

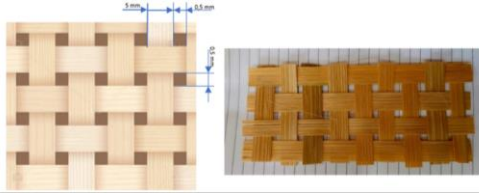
Kode Spesi men	Fraksi Volume		Pengujian			
	Serat	Polye ster	Impak	Hardn ess	Densi tas	Daya Serap Air
B10 1			I1	H1	D1	A1
B10 2	10%	90%	I2	H2	D2	A2
B10 3			I3	H3	D3	A3
B20 1			I4	H4	D4	A4
B20 2	20%	80%	I5	H5	D5	A5
B20 3			I6	H6	D6	A6
B30 1			I7	H7	D7	A7
B30 2	30%	70%	I8	H8	D8	A8
B30 3			I9	H9	D9	A9

Langkah awal adalah Pembuatan cetakan spesimen dengan ukuran cetakan panjang 115 mm, lebar 65 mm dan tinggi 13 mm. Cetakan spesimen dibuat dari kayu dan kaca dengan menggunakan Miracle gloss sebagai pelapis kaca agar tidak lengket pada saat dilakukan percetakan spesimen. Dimensi cetakan dapat dilihat pada gambar 1.



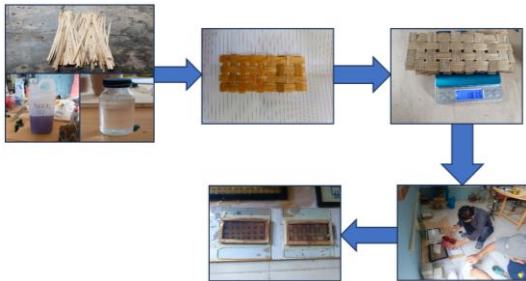
Gambar 1. Dimensi cetakan

Kemudian dilakukan penyusunan serat dengan menggunakan teknik silang-menyilang atau disebut dengan anyaman dengan jarak antar serat 0.5 mm. Gambaran proses susunan serat dengan teknik anyaman dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Sketsa susunan serat

Proses berikutnya adalah proses pembuatan komposit. Adapun Langkah-langkah pembuatan komposit dari serat bambu sebagaimana dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Proses pembuatan komposit

2.3 Pengujian Spesimen

Setelah spesimen kering dengan sempurna maka akan dilakukan 4 pengujian untuk mengetahui sifat mekanik dan sifat fisis dari komposit bambu. Untuk menguji sifat mekanik maka digunakan pengujian dampak dan kekerasan untuk mengetahui nilai sifat mekanik dari komposit bambu. Spesimen dari setiap variasi dicetak mengacu pada standar ASTM D 256-10. Di butuhkan 9 spesimen untuk dilakukan pengujian dampak dan kekerasan. Dimensi spesimen adalah 63.5 mm x 12.7 mm x 12.7 mm. kemudian untuk mengetahui sifat fisis dilakukan pengujian Densitas dan Daya serap air dicetak sebanyak 9 spesimen dengan dimensi 55 mm x 25 mm x 6 mm.

Pengujian densitas dilakukan dengan cara spesimen dikeringkan dengan cara di biarkan didalam suhu ruang selama 7 hari setelah pencetakan. Setelah kering, spesimen akan ditimbang. Panjang, lebar dan tebal spesimen kemudian diukur dan dihitung volumenya dengan persamaan 1.

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots(1)$$

Untuk pengujian daya serap air, Spesimen akan direndam selama 24 jam menggunakan air biasa. Setelah 24 jam spesimen akan diangkat dan ditimbang menggunakan timbangan digital kemudian dihitung menggunakan persamaan 2.

$$DSA = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \dots\dots(2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Bentuk Spesimen Komposit

Berikut merupakan wujud spesimen komposit serat bambu yang telah dibuat berdasarkan fraksi volume serat bambu 10%, 20%, dan 30%. Kemudian spesimen komposit akan dilakukan pengujian kekerasan dan dampak. Spesimen uji kekerasan dengan kode K dan dampak dengan kode I serta B sebagai kode serat bambu. Gambar 4. dan 5. menunjukkan hasil bentuk spesimen.



B 10% B 20% B 30%

Gambar 4. Spesimen uji dampak

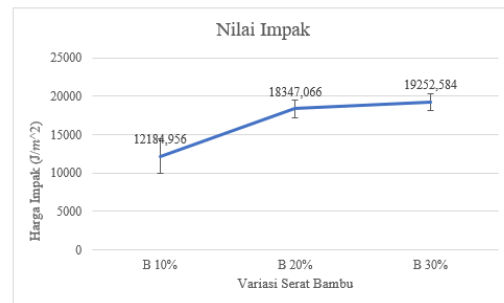


Gambar 5. Spesimen densitas

3.2 Dampak

3.2.1 Analisa Nilai Dampak Terhadap Variasi Fraksi Volume

Untuk melihat variasi fraksi volume serat bambu 10%, 20% dan 30% dapat dilihat hubungan nilai dampak terhadap variasi matriks. Sebagaimana dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Nilai Dampak Variasi Fraksi Volume

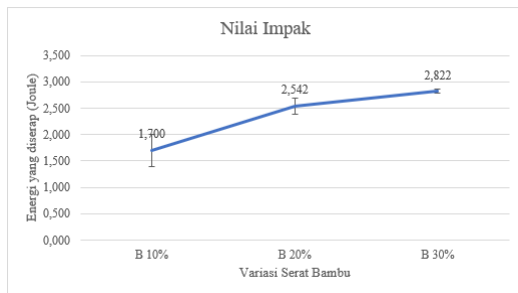
Berdasarkan gambar 6, nilai dampak meningkat seiring bertambahnya

fraksi volume serat bambu, mulai dari 10% (12184,956 J/m²), 20% (18347,066 J/m²), hingga 30% (19252,584 J/m²) yang merupakan nilai tertinggi. Resin polyester sebagai matriks dan serat bambu sebagai penguat membentuk komposit yang mampu menyerap energi benturan lebih efektif. Struktur selulosa serat bambu yang kuat berperan dalam menahan gaya tarik, sementara resin memperkuat ikatan antar komponen.

Kombinasi ini meningkatkan kemampuan material dalam menyerap dan menyebarkan energi secara merata. Nilai simpangan baku yang rendah menunjukkan konsistensi data. Secara keseluruhan, peningkatan fraksi serat menghasilkan komposit dengan daya tahan impact yang lebih baik terhadap beban dinamis.

3.2.2 Analisa Energi yang Diserap Terhadap Variasi Fraksi Volume

Dari variasi fraksi volume serat bambu 10%, 20% dan 30% terhadap komposit dapat dilihat hubungan energi yang diserap. Sebagaimana dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik Energi yang diserap dari matriks Polyester

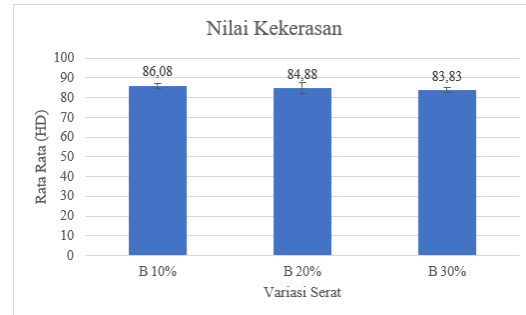
Gambar 7. menunjukkan bahwa energi impact yang diserap komposit meningkat seiring bertambahnya fraksi volume serat bambu, yaitu 1,700 Joule (10%), 2,542 Joule (20%), dan 2,822 Joule (30%). Tren ini mencerminkan peran signifikan serat bambu dalam meningkatkan kemampuan penyerapan energi benturan. Struktur anyaman serat bambu membantu mendistribusikan gaya secara merata, mengurangi konsentrasi tegangan, dan memperlambat retakan.

Sementara itu, resin polyester sebagai matriks bersifat kaku dan cepat mengeras, namun

menjadi lebih tangguh ketika dikombinasikan dengan serat bambu yang fleksibel, sehingga menghasilkan komposit yang efektif dalam menghadapi beban dinamis. Nilai simpangan yang rendah menunjukkan kestabilan hasil pengujian.

3.3 Kekerasan

Adapun grafik pengujian kekerasan dapat dilihat pada gambar 8,



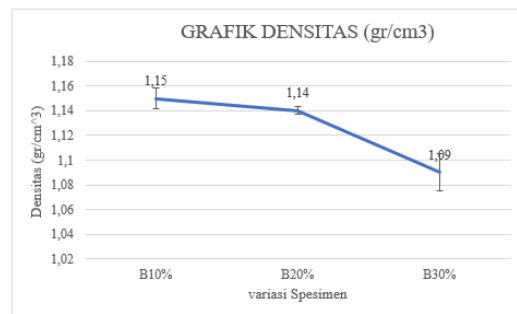
Gambar 8. Grafik Nilai kekerasan variasi fraksi volume

Gambar 8. menunjukkan penurunan nilai kekerasan (HD) seiring meningkatnya fraksi volume serat bambu, yaitu 86,08 HD (10%), 84,88 HD (20%), dan 83,83 HD (30%). Penurunan ini disebabkan oleh ketidaksesuaian sifat antara resin polyester yang keras dan serat bambu yang cenderung tidak terdistribusi merata dalam matriks saat persentasenya tinggi.

Pada fraksi 30%, resin tidak sepenuhnya melapisi serat, menimbulkan void yang melemahkan ikatan antarmuka. Selain itu, sifat higroskopis serat bambu menyebabkan penyerapan kelembapan, yang turut menurunkan kualitas ikatan dan kekerasan komposit secara keseluruhan.

3.4 Densitas

Adapun grafik pengujian densitas dapat dilihat pada gambar 9.



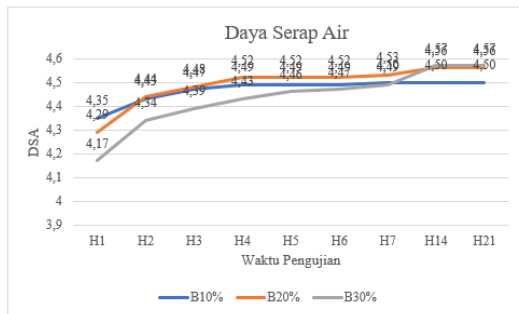
Gambar 9. Grafik Nilai Densitas

Gambar 9. menunjukkan penurunan nilai densitas komposit seiring bertambahnya fraksi serat bambu, dari 1,15 gr/cm³ (B10%), menjadi 1,14 gr/cm³ (B20%), dan 1,09 gr/cm³ (B30%). Penurunan ini disebabkan oleh massa jenis serat bambu yang lebih rendah ($\pm 0,6-0,8$ gr/cm³) dibanding resin polyester ($\pm 1,2-1,4$ gr/cm³).

Meningkatnya kandungan serat mengurangi volume resin dalam komposit, sehingga densitas total menurun. Selain itu, struktur bambu yang berpori dapat menimbulkan rongga mikro (void) jika resin tidak cukup mengisi celah, turut menyumbang penurunan densitas. Resin berperan sebagai pengikat kuat dan tahan air, sedangkan serat bambu memberikan kekuatan tarik dan keunggulan ramah lingkungan.

3.5 Daya Serap Air

Adapun grafik pengujian daya serap air dapat dilihat pada gambar 10.



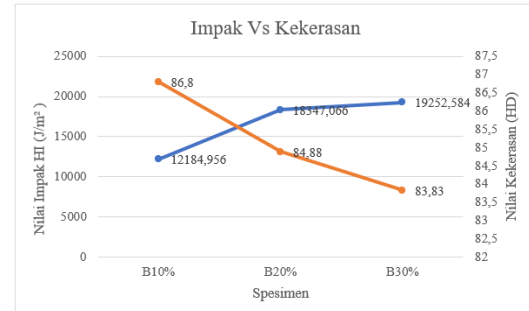
Gambar 10. Grafik Nilai daya serap air

Gambar 10. menunjukkan bahwa seluruh spesimen komposit menyerap air lebih banyak seiring waktu perendaman. Komposit dengan fraksi serat bambu B30% awalnya menyerap air lebih sedikit dibanding B10% dan B20%, kemungkinan karena resin masih menutup serat dengan baik.

Namun, pada hari ke-14 hingga ke-21, daya serap B30% meningkat tajam, diduga akibat struktur resin yang mulai rapuh dan terbuka akibat tingginya kandungan serat. Sebaliknya, spesimen B10% dan B20% menunjukkan kenaikan daya serap air yang lebih stabil, berkat distribusi resin dan serat yang lebih merata sehingga rongga lebih sedikit. Variasi kecil pada grafik mungkin dipengaruhi oleh proses kejenuhan serat atau faktor lingkungan seperti suhu dan kelembapan.

3.6 Impak Vs Kekerasan

Pada pengujian impak dan kekerasan dilakukan kompilasi antara kedua pengujian tersebut sebagaimana dapat dilihat pada gambar 11.



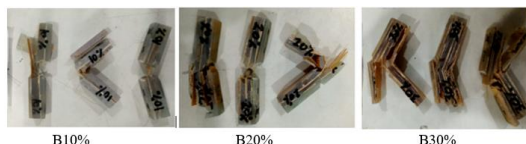
Gambar 11. Grafik Impak Vs Kekerasan

Gambar 11. menunjukkan adanya tren berlawanan antara nilai impak dan kekerasan seiring bertambahnya fraksi serat bambu. Nilai impak meningkat signifikan dari 12.181,956 J/m² (10%) menjadi 19.252,584 J/m² (30%), menandakan peningkatan kemampuan menyerap energi benturan. Sebaliknya, nilai kekerasan menurun dari 86,08 HD (10%) menjadi 83,83 HD (30%), akibat berkurangnya kandungan resin polyester yang memiliki sifat kaku dan keras. Secara keseluruhan, grafik ini menggambarkan adanya kompromi antara ketangguhan dan kekerasan komposit—semakin tinggi daya serap benturan, semakin menurun kekerasannya.

3.7 Observasi Visual

Interface dalam material komposit berperan penting dalam menentukan ketahanan terhadap beban, termasuk benturan. Area ini menjadi jalur perpindahan tegangan antara matriks dan serat. Pada komposit berbasis resin polyester dan serat bambu, kekuatan interface bergantung pada seberapa baik resin melapisi dan menempel pada serat. Ikatan yang kuat dan merata akan mendistribusikan beban secara seimbang, meningkatkan kekuatan dan kekakuan komposit.

Namun, distribusi resin yang tidak merata dapat melemahkan *interface* dan menjadi titik awal retakan atau delaminasi saat terjadi tekanan. Gambar 12. menunjukkan kerusakan material hasil pengujian impak.



Gambar 11. Spesimen hasil pengujian impact

Gambar 11. menunjukkan perbedaan tingkat kerusakan spesimen B10%, B20%, dan B30% setelah uji impact. Pada B10%, patahan terlihat rapi, menandakan energi benturan tidak terserap optimal akibat rendahnya kandungan serat. Spesimen B20% menunjukkan kerusakan yang lebih menyebar, mencerminkan peningkatan daya tahan benturan.

Namun pada B30%, kerusakan lebih parah, termasuk delaminasi, akibat kelebihan serat yang tidak seluruhnya terlapisi resin. Resin polyester yang kaku dan serat bambu yang menyerap air menciptakan potensi lemahnya ikatan jika distribusi resin tidak merata, menjadikan komposit lebih rentan terhadap benturan saat kandungan serat terlalu tinggi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pembuatan material komposit dengan matriks resin polyester Yucalac 157-EX dan penguat serat bambu berhasil dilakukan dengan variasi fraksi volume serat 10%, 20%, dan 30%.

Komposit yang dihasilkan menunjukkan bahwa nilai kekuatan impact meningkat secara signifikan seiring bertambahnya kandungan serat bambu, dengan nilai tertinggi tercapai pada fraksi 30% sebesar 19.252,584 J/m². Sebaliknya, nilai kekerasan cenderung menurun dari 86,08 HD pada B10% menjadi 83,83 HD pada B30%, menunjukkan bahwa penambahan serat dalam jumlah besar menyebabkan permukaan komposit menjadi lebih lunak dan kurang tahan terhadap tekanan lokal.

Dari segi densitas, terjadi penurunan dari 1,15 gr/cm³ pada B10% menjadi 1,09 gr/cm³ pada B30%, seiring meningkatnya fraksi serat bambu yang memiliki massa jenis lebih rendah dibanding resin polyester.

Selain itu, kemampuan komposit dalam menyerap air juga menunjukkan kecenderungan meningkat, terutama pada B30% yang pada awalnya menyerap air dalam jumlah kecil namun meningkat tajam setelah waktu perendaman lebih lama, akibat struktur mikro resin yang mulai terbuka dan sifat bambu yang mudah menyerap air. Sementara itu, spesimen B10% dan B20%

menunjukkan daya serap air yang lebih stabil karena distribusi resin dan serat yang lebih merata.

Komposit serat bambu berpotensi menjadi material alternatif untuk pintu air tambak karena kekuatan impactnya yang tinggi dan bobot ringan. Namun, daya serap air dan penurunan kekerasan pada fraksi serat tinggi perlu diatasi. Untuk penggunaan luar ruangan, disarankan pelapisan anti-air atau resin khusus agar komposit lebih tahan terhadap kelembapan dan cuaca ekstrem, sehingga dapat menjadi solusi ramah lingkungan yang tahan lama di lingkungan perairan.

5. Daftar Pustaka

- [1] I. Mawardi, *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit: Edisi Revisi*. Penerbit Andi, 2019.
- [2] R. F. Septiyanto and A. H. D. Abdullah, "Perbandingan komposit serat alam dan serat sintesis melalui uji tarik dengan bahan serat jute dan e-glass," *Gravity J. Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Fis.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2015, [Online]. Available: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/Gravity/article/view/2536%0Ahttp://jurnal.untirta.ac.id/index.php/Gravity/article/view/912>
- [3] D. E. N. Siagian, M. Hakiem, and S. Putra, "Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan Natural Fiber As an Environmentally Friendly Composite Material," *CIVeng*, vol. 5, no. 1, pp. 55–60, 2024, [Online]. Available: <http://jurnalnasional.ump.ac.id?index.php/civeng>
- [4] I. D. N. Raka and I. M. Budiasa, "Daerah Sekitar Mata Air Pada Lahan," *Agrimeta J. Pertan. Berbas. keseimbangan Ekosist.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–21, 2011.
- [5] M. Zaky, I. Mufflih, B. Junipitoyo, and D. Hariyanto, "Pengaruh Susunan Serat Bambu Pada Komposit Terhadap Uji Tarik Dan Uji Kekerasan Vicker," *Pros. Semin. Nas. Inov. Teknol. Penerbangan*, 2021.
- [6] F. A. Wahyudi and L. D. Yuono, "Pengaruh Komposisi Serat Terhadap Kekuatan Impact Komposit Yang Diperkuat Serat Bambu," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 72–78, 2017, doi: 10.24127/trb.v4i2.73.
- [7] P. M. Nurhanisa, M., Dwiria W., "Pengaruh Susunan Serat pada Papan Komposit Serat Bambu terhadap Sifat

- Fisis dan Mekanis,” *Positron*, vol. 11, no. 2, pp. 126–132, 2021, doi: 10.26418/positron.v11i2.64319.
- [8] S. Sunardi, H. Susanto, R. Lusiani, I. Saefuloh, H. A. Notonegoro, and M. Fawaid, “Pengaruh Perendaman Bambu Dengan Air Laut Terhadap Kekerasan dan Laju Keausan Komposit Kampas Rem,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 1, pp. 80–88, 2023, doi: 10.24127/trb.v12i1.2444.
- [9] K. Fiber, B. Betung, H. Lay, and Z. Sulaiman, “Pengaruh Kadar Perendaman Kalium Permanganat terhadap Kekuatan,” pp. 1–6, 2023.
- [10] K. Roni, “Pengaruh pemaparan cuaca terhadap densitas komposit poliester dengan penguat serat bambu betung (*dendrocalamus Asper*),” *Teknika*, vol. 9, no. 1, pp. 89–95, 2024.