

Pemanfaatan Serat Batang Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai Penguat Material Komposit

Ahiruddin*¹, Amrullah², Gito Adhitya Lawani³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia,
Jl. Urip Sumoharjo Km.05, Kota Makassar, Indonesia, 90231.

e-mail: *¹ahiruddin.ahiruddin@umi.ac.id, ²amrullah.amrullah@umi.ac.id, ³gitoadhitya.lawani@umi.ac.id

Abstrak

Material komposit berbasis serat alami semakin banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang karena sifatnya yang ramah lingkungan dan berpotensi menggantikan material sintetis. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh perlakuan perendaman serat batang eceng gondok menggunakan larutan NaOH (5%, 10%, 15%) dan aquades dengan variasi waktu 1, 2, dan 3 jam terhadap sifat mekanik komposit, khususnya kekuatan bending dan dampak. Metode penelitian meliputi pembersihan batang eceng gondok, pemisahan serat, pemotongan, penimbangan, pencampuran dengan resin dan katalis, penuangan ke cetakan, dan pengujian mekanik. Hasil menunjukkan bahwa kekuatan bending tertinggi (2,8016 kgf/mm²) diperoleh pada perendaman NaOH 5%–aquades 95% selama 1 jam, sedangkan terendah (1,608 kgf/mm²) pada perendaman NaOH 15%–aquades 85% selama 3 jam. Komposit dengan serat normal memiliki kekuatan bending terendah kedua (1,593 kgf/mm²). Untuk uji dampak, kekuatan tertinggi (608,128 Joule/mm²) terdapat pada serat normal tanpa perendaman, sedangkan terendah (585,700 Joule/mm²) pada perendaman NaOH 5%–aquades 85% selama 1 jam.

Kata Kunci: serat batang eceng gondok, penguat material, komposit

Abstract

Natural fiber-based composite materials are increasingly utilized in various fields due to their environmentally friendly properties and potential to replace synthetic materials. This study aims to investigate the effect of immersing water hyacinth stem fibers in NaOH solutions (5%, 10%, and 15%) and distilled water for varying durations (1, 2, and 3 hours) on the mechanical properties of the composites, specifically their bending and impact strength. The research method included cleaning the water hyacinth stems, fiber separation, cutting, weighing, mixing with resin and catalyst, casting into molds, and mechanical testing. The results showed that the highest bending strength (2.8016 kgf/mm²) was obtained from fibers immersed in 5% NaOH–95% distilled water for 1 hour, while the lowest (1.608 kgf/mm²) was found in fibers immersed in 15% NaOH–85% distilled water for 3 hours. The composite with untreated (normal) fibers exhibited the second-lowest bending strength (1.593 kgf/mm²). For the impact test, the highest strength (608.128 Joule/mm²) was achieved with untreated fibers, whereas the lowest (585.700 Joule/mm²) occurred in fibers immersed in 5% NaOH–85% distilled water for 1 hour.

Keywords: water hyacinth stem fiber, reinforcement material, composite

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Eceng gondok selama ini oleh warga Jelapat I dianggap sebagai tanaman yang sangat mengganggu, terutama pada musim penghujan dimana populasi eceng gondok meningkat bahkan sampai menutup permukaan air sungai. Padahal eceng gondok dapat di manfaatkan

sebagai bahan kerajinan. Oleh karena itu dalam penyuluhan ini diperkenalkan beberapa contoh barang kerajinan yang dapat diolah dari eceng gondok [1], [2].

Eceng gondok sebagai gulma banyak dilaporkan merugikan antara lain; menjadi tumbuh aningan bagi hama dan penyakit dan penyakit tanaman; menyebabkan penyumbatan pada saluran irigasi sehingga pengelolaan air tidak efisien; menggukelan cara pekerjaan petani; menurunkan kuantitas dan kualitas hasil panen [3].

Eceng gondok atau *Eichornia Crasipess Solm* adalah gulma (pengganngu) yang Mengapung diatas permukaan air. Tumbuhan ini sangat cepat berkembang di lahan yang perairannya terkenal imbah, karena tumbuhan ini dapat mengikat logam berat didalam air. Pertumbuhan Eceng gondok dapat mencapai 1,9 % perhari dengan tinggiantara 0,3 s/d 0,5 m.

Pesatnya pertumbuhan eceng gondok. mengakibatkan berbagai kesulitan seperti terganggunya transportasi, penyimpitan sungai dan masalah lainnya [4]. Dengan kandungan bahan organik dan unsur hara yang tinggi tersebut eceng gondok dapat dijadikan sebagai alternative sumber pupuk kompos. Pupuk kompos cair merupakan salah satu pupuk organik yang paraktis dan sangat mudah pembuatannya. Kelebihan pupuk kompos cair dari pada pupuk yang lain adalah mampu menyediakan hara secara cepat dan ramah terhadap lingkungan karena tidak merusak tanah walaupun digunakan sesering mungkin [5].

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah Bagaimana cara untuk mengetahui pengaruh sifat mekanik serat eceng gondok sebagai material komposit. Bagaimana kekuatan bending dan dampak yang paling optimal dari komposit serat batang eceng gondok dengan perendaman (NaOH 5%-Aquades. 95%), (NaOH 10%-Aquades 90%), (NaOH 15%-Aquades 85%) dengan waktu perendaman 1 jam, 2 jam dan 3 jam dan serat normal (tanpa perendaman). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sifat mekanik serat eceng gondok sebagai material komposit, dan untuk mengetahui kekuatan bending dan dampak yang paling optimal dari komposit serat batang eceng gondok dengan perendaman (NaOH 5% -Aquades 95%), (NaOH 10% - Aquades 90%), (NaOH 15% - Aquades 85%) dengan waktu perendaman 1 jam, 2 jam dan 3 jam dan serat normal (tanpa perendaman).

Pedekatan pemecahan masalah dapat dijadikan sebagai bahan informasi dalam menentukan pemilihan bahan untuk suatu desain konstruksi ramah lingkungan dan hemat energi. Dapat mendorong pemanfaatan sumber alam tropis yang terbarukan serta menunjang bahan konstruksi selain logam. Bagi peneliti dapat dijadikan sebagai acuan dan perbandingan untuk penelitian selanjutnya. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang material komposit.

Batasan masalah pengujian komposit pada serat batang eceng gondok dengan perendaman (NaOH 5%-Aquades 95%), (NaOH 10%-Aquades 90%), (NaOH 15%-Aquades 85%) dengan waktu perendaman 1 jam, 2 jam dan 3 jam, dan serat normal (tanpa perendaman). Pengujian komposit berupa uji kekuatan bending dan uji kekuatan dampak.

1. 2. Tinjauan Pustaka

Komposit merupakan perpaduan makroskopis dua atau lebih material dengan fasa berbeda, yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing untuk menghasilkan material baru dengan karakteristik unik [6]. Komposit tersusun dari dua elemen utama, yaitu *matriks* sebagai komponen dengan fraksi volume terbesar, dan *penguat (reinforcement)* yang berfungsi menahan beban. Dalam perancangannya, diperlukan pengetahuan sifat mekanis material dan efek sinergis dari penggabungan dua bahan atau lebih.

Berdasarkan jenis penguat, komposit diklasifikasikan menjadi: (a) komposit serat (*fibrous composites*), menggunakan penguat serat seperti serat gelas atau karbon; (b) komposit partikel (*particulate composites*), menggunakan partikel yang terdistribusi merata dalam matriks [7].

Serat alam, seperti eceng gondok (*eichhornia crassipes*), memiliki potensi besar sebagai penguat komposit karena ketersediaannya melimpah, sifat ramah lingkungan, kekuatan spesifik tinggi, harga murah, dan dapat diperbarui [8]. Di Rawa Pening, Jawa Tengah, sekitar 6000 ha permukaan air tertutup eceng gondok, dengan laju pertumbuhan 1 batang per 1 m² dalam 52 hari [9]. Analisis serat eceng gondok menunjukkan kandungan holoselulosa 83,94% dan alfa-selulosa 61,63% [10].

Resin berfungsi sebagai matriks pengikat penguat, dengan contoh umum resin poliester dan epoksi. Katalis ditambahkan untuk mempercepat proses pengerasan resin [11]. NaOH digunakan untuk menghilangkan lignin dan kotoran, sehingga meningkatkan ikatan matriks-penguat.

Pengujian bending bertujuan mengukur kekuatan lengkung maksimum material sebelum gagal, dilakukan dengan metode *three-point bending* atau *four-point bending* [12]. Pengujian impak digunakan untuk mengetahui ketangguhan material terhadap beban tiba-tiba, misalnya dengan metode Charpy, dan hasilnya dinyatakan dalam kekuatan impak (Joule/mm²). Pemanfaatan serat eceng gondok sebagai penguat diharapkan dapat mendukung pengembangan material komposit untuk industri kapal non-ferro, khususnya kapal berbahan fiberglass reinforced plastik [13].

2. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini diawali Penelitian ini diawali dengan pembuatan spesimen komposit serat eceng gondok. Batang eceng gondok yang telah diproses dibelah untuk memudahkan pembuangan isi, kemudian dibersihkan menggunakan sikat baja hingga terbentuk serat memanjang. Serat tersebut dipotong sepanjang 2 cm, ditimbang, lalu dicampur dengan resin dan katalis sesuai komposisi (resin 55 ml, katalis 6 cc, serat 26 gram) menggunakan blender. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam cetakan berukuran 20 × 20 × 1 cm, ditutup, dan diberi tekanan. Variasi perlakuan meliputi perendaman serat dalam larutan NaOH 5%–aquades 95%, NaOH 10%–aquades 90%, NaOH 15%–aquades 85%, serta serat normal tanpa perendaman, masing-masing dengan waktu perendaman 1, 2, dan 3 jam. Uji mekanik meliputi uji bending mengacu pada standar ASTM D790-03 dan uji impak mengacu pada standar ASTM, untuk mengetahui pengaruh perlakuan perendaman terhadap sifat mekanik komposit [14].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Data

Setelah melakukan penelitian maka diperoleh beberapa data hasil pengujian yang selanjutnya akan dianalisa mengenai pengujian bending dan impak.

3.1.1 Analisa Data Uji Bending

Dalam pengujian bending ini untuk mengetahui kekuatan spesimen dimana spesimen berbentuk plat.

1. Resin dan Eceng gondok, NaOH = 5 %
 - a. Panjang (L) = 160 mm
 - b. Aquades = 95 %
 - c. Lebar (b) = 30 mm
 - d. Waktu (t) = 1,2,3 Jam
 - e. Tebal (d) = 10 mm
-

2. Resin dan Eceng gondok, NaOH = 10 %
 - a. Panjang (L) = 160 mm
 - b. Aquades = 90 %
 - c. Lebar (b) = 30 mm
 - d. Waktu (t) = 1,2,3 Jam
 - e. Tebal (d) = 10 mm
3. Resin dan Eceng gondok, NaOH = 15 %
 - a. Panjang (L) = 160 mm
 - b. Aquades = 85 %
 - c. Lebar (b) = 30 mm
 - d. Waktu (t) = 1,2,3 Jam
 - e. Tebal (d) = 10 mm
4. Resin dan Eceng gondok, Normal
 - a. Panjang (L) = 160 mm
 - b. Lebar (b) = 30 mm
 - c. Tebal (d) = 10 mm

3.1.2 Menghitung Kekuatan Bending

$$S = \frac{3.P.L}{2.b.d^2} \quad (1)$$

Dengan,

- S = Kekuatan bending (kgf/mm²)
- d = Tebalspesimen = 10mm
- b = Lebar spesimen = 30mm
- P = Beban maksimum (kgf) = 34,72kgf
- L = Panjang spesimen = 160 mm

Sehingga,

$$S = \frac{3PL}{2bd^2} = \frac{3.34,72.160}{2.30.10^2} = 2,7776 \text{ kgf/mm}^2$$

3.1.3 Analisa Data Uji Impak

Setelah melakukan penelitian maka diperoleh beberapa data hasil pengujian yang selanjutnya akan di analisa mengenai pengujian impak.

1. Resin dan Eceng gondok, NaOH = 5 %
 - a. Panjang (L) = 55 mm
 - b. Aquades = 95 %
 - c. Lebar = 10 mm
 - d. Waktu (t) = 1,2,3 Jam
 - e. Tebal (d) = 10 mm
2. Resin dan Eceng gondok, NaOH = 10 %
 - a. Panjang = 55 mm
 - b. Aquades = 90 %
 - c. Lebar = 10 mm
 - d. Waktu (t) = 1,2,3 Jam
 - e. Tebal (d) = 10 mm
3. Resin dan Eceng gondok, NaOH = 15 %

- a. Panjang = 55 mm
 - b. Aquades = 85 %
 - c. Lebar = 10 mm
 - d. Waktu = 1,2,3 Jam
 - e. Tebal = 10 mm
4. Resin dan Eceng gondok, Normal
- a. Panjang = 55 m
 - b. Lebar = 10 mm
 - c. Tebal = 10 mm

3.1.4 Menghitung Kekuatan Impak

1. Beban bandul (U) = 47,56 Joule
2. Panjang lenganbandul (R) = 470 mm
3. Kecepatan bandul (V) = 3,2 m/s
4. Usaha kalibrasi (U_k) = 2 Joule.
5. Sudut simpangan bandul (α) = 140°
6. Sudut simpangan bandul (β) = $121,5^\circ$
7. Gaya gravitasi (g) = $9,81 \text{ m/s}^2$
8. Tinggi beban sebelum dilepaskan (h_1)

$$h_1 = R + R \sin (\alpha - 90^\circ)$$

$$h_1 = 0,47 + 0,47 \sin (140 - 90) = 0,83 \text{ m}$$
(2)
9. Massa bandul (m)

$$m = \frac{U}{g \cdot h_1}$$

$$m = \frac{47,56}{9,81(0,83)} = 5,8411 \text{ kg}$$
(3)
10. Tinggi beban kalibrasi (h_k)

$$h_k = \frac{U_k}{m \cdot g}$$

$$h_k = \frac{2}{5,8411(9,81)} = 0,0349 \text{ m}$$
(4)
11. Luas penampang spesimen (A)

$$A = P \cdot L$$

$$A = (10)(10 - 3) \text{ mm}^2 = 70 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$
(5)
12. Tinggi beban setelah dilepaskan, h_2

$$h_2 = R + R \sin (\beta - 90^\circ)$$

$$h_2 = 0,47 + 0,47 \sin (121,5 - 90)^\circ = 0,7155 \text{ m}$$
13. Tinggi perhitungan, (h_s)

$$h_s = h_1 - h_2 - h_k$$

$$h_s = (0,83 - 0,7155 - 0,0349) = 0,0796 \text{ m}$$
(6)
14. Usaha yang dilakukan untuk memetahkan spesimen, U_s

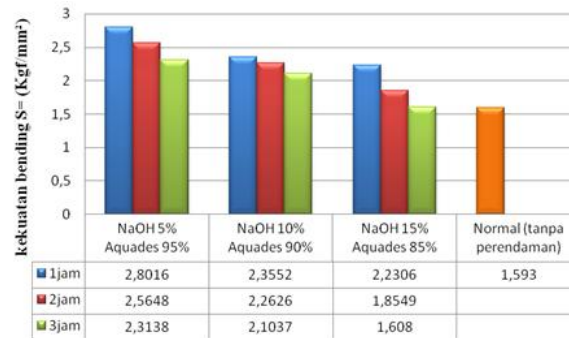
$$U_s = m \cdot g \cdot h_2$$

$$U_s = 5,8411 (9,81) (0,7155) \text{ Joule} = 40,9990 \text{ Joule}$$
(7)
15. Kekuatan impak, U

$$U = \frac{U_s}{A}$$

$$U = \frac{40,9990}{70 \times 10^{-6}} = 585.700 \text{ J/mm}^2$$
(8)

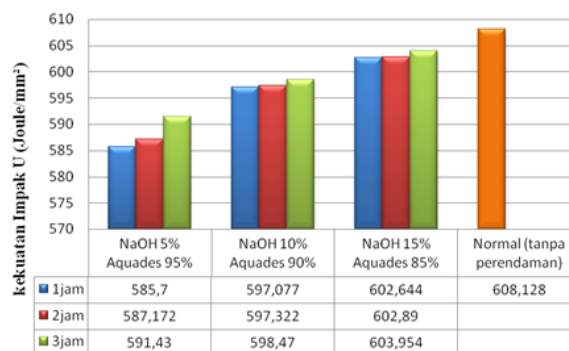
3.2 Analisa Pembahasan Uji Bending



Gambar 1. Hubungan kekuatan terhadap waktu perendaman serat selama 1 jam, 2 jam,3 jam dan serat normal.

Dari gambar 1 menunjukkan bahwa antara presentase campuran resin dan serat eceng gondok yang dimana Serat tersebut sudah melalui perendaman NaOH dan Aquades dengan waktu perendaman yang berbeda yaitu 1 jam, 2 jam, 3 jam dan spesimen normal (tanpa perendaman), menunjukan bahwa kekuatan bending tertinggi terjadi pada komposit dengan perendaman serat NaOH 5% dan Aquades 95% dengan waktu 1jam sebesar 2,8016 kgf/mm². Dan diantara komposit dengan serat yang telah melalui perendaman, kekuatan bending terkecil terdapat pada komposit dengan perendaman serat NaOH 15% dan Aquades 85% dengan waktu 3jam sebesar 1,608 kgf/mm². Kemudian kekuatan bending terkecil diantara komposit serat batang eceng gondok, adalah komposit dengan serat normal (tanpa perendaman) yaitu sebesar 1,593 kgf/mm².

Hal ini disebabkan pada presentase perendaman 5% NaOH adalah optimal untuk membersihkan kotoran. Perendaman serat dalam larutan NaOH akan mengikis lapisan lignin yang berfungsi sebagai pelindung serat. Sehingga mengakibatkan daya ikat antara resin dengan serat menjadi semakin kuat. Namun jika terlalu lama waktu perendamannya dapat mengakibatkan serat menjadi rapuh sehingga daya ikatnya semakin lemah. Kemudian serat yang tidak mengalami perendaman dengan NaOH dan Aquades tidak memberikan ikatan yang optimal bagi serat dan resin karena pelindung serat atau lignin yang masih menyelimuti serat.



Gambar 2. Grafik perbandingan hubungan persentase campuran resin dan serateceng gondok dengan perendaman serat NaOH + Aquades dan serat normal terhadap kekuatan impact.

Dari gambar 2. menunjukan bahwa komposit dengan serat normal menghasilkan kekuatan impact yang paling tinggi yaitu 608,128 joule/mm². Sedangkan diantara komposit dengan serat yang telah melalui perendaman, kekuatan impact yang tertinggi didapatkan pada komposit dengan perendaman serat NaOH 15% dan Aquades 85% dengan waktu 3jam yaitu

603,954 joule/mm². dan komposit dengan kekuatan impact terkecil didapatkan pada komposit dengan perendaman serat NaOH 5% dan Aquades 95% dengan waktu 1jam yaitu 585,7 joule/mm.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang di hasilkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variasi persentase perendaman serat eceng gondok pada NaOH 5% - NaOH 10% - NaOH 15% dan Aquades 95% - Aquades 90% - Aquades 85% dengan waktu perendaman 1jam,2jam dan 3jam, masing-masingmemberikanpengaruhpada permukaanserat.sehingga spesimen dengan waktu perendaman paling cepat 1jam dengan NaOH %5 dan Aquades 95% menghasilkankompositdengankekuatan bending yang paling besar yaitu 2,8016 kgf/mm².Sedangkan untuk spesimen dengan kekuatan bending terkecil terdapat pada perendaman serat selama 3jam dengan NaOH 15% dan Aquades 85% yaitu 1,608 kgf/mm². Kemudian perbandingan kekuatan terhadap komposit dengan serat yang telah direndam dengan NaOH + Aquades dan serat normal (tanpa perendaman), kekuatan bending terkecil terdapat pada komposit dengan serat mormal (tanpa perendaman) yaitu sebesar 1,593 kgf/mm².
2. Sedangkan untuk pengujian impact antara komposit dengan serat yang telah melalui perendaman NaOH + Aquades dan serat normal (tanpa perendaman), kekuatan impact terbesar terdapat pada komposit dengan serat normal (tanpa perendaman) yaitu sebesar 608,128 Joule/mm². Sedangkan kekuatan impact terkecil terdapat pada komposit dengan perendaman serat NaOH 5% dan Aquades 85% dengan waktu 1jam yaitu sebesar 585,700 Joule/mm²,

5. SARAN

Untuk lebih sempurna dan akuratnya penelitian yang dilakukan perlu mengamati dengan seksama ukuran pencampuran bahan yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ramadoni, R., Nugraha, M., Pramudya AFG, A., Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, M., Negeri Sriwijaya, P., and Teknik Mesin, J., 2022, Pengaruh Fraksi Volume dan Orientasi Serat Pada Komposit Hibrid Berpenguat Serat Gambas serta Eceng Gondok Terhadap Kekuatan Bending, *JURNAL Teknik Mesin*, No. 2, Vol. 15, 84–89, <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jtm>
 - [2] Hasibuan, A., Hasani, A. P. P., Nasution, N., and Muhabbah, H. S., 2023, Pemanfaatan Tanaman Ceng Gondok (EICHORNIA CRASSIPES) Untuk Kerajinan Tas, No. 2, Vol. 6, 1091–1097.
 - [3] Tobing, S. N. L. and Hayati, R., 2024, Dampak Adanya Pertumbuhan Eceng Gondok dalam Skala Besar Terhadap Ekosistem di Kawasan Danau Toba, *Jurnal Ilmu Sosial dan Ilmu Politik*, No. 2, Vol. 5, 225–234, doi: 10.56552/jisipol.v5i2.133.
 - [4] Dwiwati, S. T. and Kholil, A., 2014, Pembuatan Briket Hasil Pemanfaatan Eceng Gondok dan Sampah Plastik HDPE sebagai Energi Alternatif, *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, No. 2, Vol. 1, 98–103, <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jkem/article/view/2038/1605>
 - [5] Kusrinah, K., Nurhayati, A., and Hayati, N., 2016, Pelatihan dan Pendampingan
-

- Pemanfaatan Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) Menjadi Pupuk Kompos Cair Untuk Mengurangi Pencemaran Air dan Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Desa Karanglimpul Kelurahan Kaligawe Kecamatan Gayamsari Kotamadya Semarang, *Dimas: Jurnal Pemikiran Agama untuk Pemberdayaan*, No. 1, Vol. 16, 27, doi: 10.21580/dms.2016.161.890.
- [6] Jones, R. M., 1975, *Mechanics of Composite Materials*. in International student edition. Scripta Book Company. <https://books.google.co.id/books?id=lzXT3ANLrBgC>
- [7] Asmoro, A., Helmy, P., and Respati, S., 2018, Pengaruh Ketebalan Komposit Matrik Resin dengan Penguat Kulit Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) yang dianyam Terhadap Kemampuan Balistik, *JURNAL ILMIAH MOMENTUM*, No. 1, Vol. 14, 75–79, doi: 10.36499/jim.v14i1.2190.
- [8] Jamasri, 2002, *Buku Pegangan Kuliah Komposit*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- [9] Hastuti, S., Pramono, C., and Akhmad, Y., 2018, Sifat Mekanis Serat Enceng Gondok sebagai Material Komposit Serat Alam yang Biodegradable, *Journal of Mechanical Engineering*, No. 1, Vol. 2, 22–28, doi: 10.31002/jom.v2i1.806.
- [10] Sulardjaka, S., Nugroho, S., and Ismail, R., 2020, Peningkatan Kekuatan Sifat Mekanis Komposit Serat Alam menggunakan Serat Enceng Gondok (Tinjauan Pustaka), *TEKNIK*, No. 1, Vol. 41, 27–39, doi: 10.14710/teknik.v41i1.23473.
- [11] Rahman, M. B. N., Bambang, R., and Diharjo, K., 2011, Pengaruh Fraksi Volume Serat dan Lama Perendaman Alkali terhadap Kekuatan Impak Komposit Serat Aren-Polyester, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, No. 1, Vol. 14, 26–32, doi: 10.18196/st.v14i1.567.
- [12] Sari, N. H. and Sinarep, S., 2011, Analisa Kekuatan Bending Komposit Epoxy Dengan Penguatan Serat Nilon, *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*, No. 1, Vol. 1, doi: 10.29303/d.v1i1.130.
- [13] Yudo, H. and Kiryanto, K., 2008, Analisa Teknis Rekayasa Serat Eceng Gondok Sebagai Bahan Pembuatan Komposit Ditinjau Dari Kekuatan Tarik, *Kapal : Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, No. 1, Vol. 5, 37–41, doi: 10.14710/kpl.v5i1.2665.
- [14] *ASTM D790-02: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*. American Standard Testing and Material. doi: 10.1520/D0790-02.
-