

KAJI SIFAT MEKANIS KOMPOSIT POLYESTER BERPENGUAT SERAT ALAM DENGAN VARIASI FRAKSI VOLUME

Arthur Yanny Leiwakabessy¹, Sefnath Josep Etwan Sarwuna²

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: arthur.leiwakabessy@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email : etwansarwuna19@gmail.com

Abstrak. Indonesia menjadi negara yang kaya akan sumber daya alam baik di laut maupun di darat. Salah satunya tumbuhan Daun Lamun (*Enhalus Acoroides*) yang hidup laut dangkal perairan Maluku. Daun Lamun memiliki konstruksi daun, batang, maupun akar sama dengan tumbuhan lainnya. Namun kenyataannya Hamparan ekosistem daun lamun belum dimaksimalkan pemanfaatannya pada daerah Maluku. Terkait dengan hal itu maka dalam penelitian akan membahas terkait pemanfaatan serat daun lamun sebagai penguat material komposit yang dipadukan dengan resin polyester. Tujuan penelitian ini mengetahui harga *impact* dan energi serap yang dihasilkan melalui pengujian *impact* (beban kejut) dengan variasi komposisi campuran. Metode penelitian yang digunakan secara eksperimen pada laboratorium. Dari hasil penelitian untuk komposisi campuran 0%:100% diperoleh nilai *impact* 0,08 J/mm² dan nilai energi serap 0,45 J, untuk komposisi campuran 10%:90% nilai *impact* 0,32 J/mm² dan nilai energi serap 1,758 J, untuk komposisi campuran 20%:80% nilai *impact* 0,38 J/mm² dan nilai energi serap 2,08 J, dan untuk komposisi campuran 30%:70% nilai *impact* 0,56 J/mm² dan nilai energi serap 3,07 J. Komposisi campuran 30%:70% memiliki nilai *impact* dan nilai energi serap tertinggi diantara komposisi campuran yang lain. Hal sesuai dengan prinsip dasar komposit bahwa serat berfungsi sebagai penguat selama matrik mengikat dengan baik.

Kata kunci: Material Komposit, Serat Alam, Harga Impak, Energi Serap

Abstract. Indonesia is a country rich in natural resources, both at sea and on land. One of the seagrass leaves (*Enhalus Acoroides*) that lives in the shallow seas of Maluku Seagrass leaves have the same leaf, stem, and root construction as other plants. However, in reality, the expanse of seagrass leaf ecosystems has not been maximized in the Maluku region. Related to this, the research will discuss the use of seagrass leaf fiber as a reinforcement for composite materials combined with polyester resin. The purpose of this research is to know the value of the impact and absorption energy produced through impact testing (shock load) with variations in the composition of the mixture. The research method used experimentally in the laboratory. From the research results, for a mixture composition of 0%:100%, an impact value of 0,08 J/mm² and an absorption energy value of 0,45 J are obtained; for a mixture composition of 10%:90%, an impact value of 0,32 J/mm² and an absorption energy value of 1,758 J; for a mixed composition of 20%:80%, the impact value is 0,38 J/mm² and an absorption energy value of 2,08 J; and for a mixed composition of 30%:70%, the impact value is 0,56 J/mm² and an absorption energy value of 3,07 J. The composition of the mixture 30%:70% has the highest impact value and absorption energy value among the other mixture compositions. This is in accordance with the basic principle of composites, which states that fiber functions as a reinforcement as long as the matrix binds properly.

Keywords: Composite Materials, Natural Fibers, Impact Prices, Absorbed Energy

1. PENDAHULUAN

Indonesia Sebagai Negera yang kaya akan berbagai sumber daya alam, salah satu yang terpenting adalah tanaman. Karena dapat memanfaatkan bagian – bagian mulai dari akar sampai pada daunnya. Daun Lamun (*Enhalus Acoroides*) sebagai tumbuhan berbunga yang dapat hidup mulai dari substrat berlumpur sampai dengan patahan karang.[1] Seperti halnya tumbuhan lain di darat, lamun mempunyai tunas berdaun yang tegak, tangkai – tangkai yang merayap dan efektif untuk berkembang biak, berbunga, berbuah dan menghasilkan biji. Serta memiliki akar dan sistem internal untuk mengangkut gas & zat – zat hara. Dalam ekologi laut yang dekat dengan garis pantai lamun memiliki peran dan fungsi penting sebagai produsen utama, tempat berlindung dan sebagai sumber makanan bagi beberapa populasi di laut. [2] Selain itu pemanfaatan tumbuhan lamun dalam hal ini serat daun lamun dapat dikembangkan lebih jauh sebagai bahan material komposit. Dengan mempertimbangkan bentuk fisik daun lamun, memungkinkan lembaran tersebut dapat digunakan sebagai bahan penguat pada komposit.

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari penggabungan dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen.[3] Penggunaan bahan komposit dengan serat alam memiliki kelebihan antara lain, sifat mekanis kuat dan tidak korosif, mudah didapat, biaya pembuatan relatif lebih murah, serta ramah lingkungan.[4] Serat pada material komposit berfungsi menjadi komponen yang menahan beban, yang mana besar kecil kekuatan dari material komposit bergantung dari serat. Kandungan serat yang digunakan pada komposit harus menjadi perhatian guna mendapatkan jenis komposit dengan kekuatan yang baik diperlukan distribusi dari serat terhadap matrik merata dengan proses penggabungan supaya minimalisir adanya void. [5]

Penelitian mengenai komposit serat alam dilakukan pada tahun 2017 menggunakan serat kayu gelam dengan variasi panjang serat dan fraksi volume berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat mekanis dalam hal ini kekuatan tarik material komposit. Dengan demikian hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan tarik 16,81% pada variasi fraksi volume 10% ke 30% sampai dengan 98,91% pada variasi fraksi volume 70% ke 0%. [6]

Penelitian mengenai ketangguhan impact komposit serat alam tahun 2022 menggunakan serat daun nanas berdasarkan model anyaman. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kekuatan impact komposit berpenguat serat daun nanas berdasarkan

jenis anyaman. Hasil penelitian menunjukkan nilai ketangguhan impact rata – rata komposit serat daun nanas dengan model anyaman *plain* sebesar 0,202 J/mm² lebih besar dari jenis anyaman *twill* dengan harga impact 0,144 J/mm². [7]

Penelitian mengenai sifat mekanis dan sifat fisis pada serat sabut kelapa dan serat bambu sebagai material bumper mobil. Penelitian ini bertujuan untuk kekuatan tarik dari kombinasi dua serat alam tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik terbesar diperoleh pada fraksi 20% serat bambu, 0% serat sabut kelapa, 80% matrik dengan nilai 95,578 Mpa, diikuti penurunan kekuatan tarik pada fraksi volume 5% serat sabut kelapa, 15% serat bambu, 80% matrik, 20% serat sabut kelapa, 0% serat bambu, 80% matrik. Komposit yang dianalisis masih layak digunakan sebagai material pembuat bumper mobil karena kekuatan tariknya tidak kurang dari standar bumper mobil yaitu 8,09 Mpa.[8]

Penelitian mengenai materi komposit serabut kelapa merah dengan fraksi volume. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekuatan tarik serabut kelapa merah sebagai bahan material komposit. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas. Spesimen I 10%:90% dengan nilai kekuatan tarik mencapai 84,75 N/mm², regangan tarik 0,10 dan modulus elastisitas 847,5 N/mm². Spesimen II 20%:80% dengan nilai kekuatan tarik 89,75 N/mm², regangan tarik 0,14 dan modulus elastisitas 641,07 N/mm². Untuk spesimen III 30%:70% dengan nilai kekuatan tarik mencapai 93,5 N/mm², regangan tarik 0,19 dan modulus elastisitas 492,10 N/mm². Jadi spesimen yang baik dan memiliki kekuatan tarik tertinggi pada komposit dengan fraksi volume 30%:70%. [9]

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka dalam penelitian ini akan dianalisis sifat mekanis komposit polyester yang diperkuat serat alam daun lamun dengan variasi fraksi volume. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kekuatan impact dan energi serap yang dihasilkan berdasarkan variasi fraksi volume serat daun lamun. Manfaat dari penelitian ini kemudian diperoleh sebuah material yang ringan dengan kekuatan tinggi dan bisa dimanfaatkan sebagai bahan mebel.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Material Komposit

Material komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya. Berdasarkan jenis penguatnya maka komposit dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yakni;

Komposit partikel (*particulate Composite*), penguatnya berbentuk partikel, Komposit serat (*Fiber Composite*) penguatnya berbentuk serat dan Komposit Struktur (*Structur composite*), cara penggabungan material komposit.[10]

2.2. Serat Lamun *Enhalus Acoroides*

Lamun adalah jenis tumbuhan berbunga yang sepenuhnya menyesuaikan diri dengan hidup terbenam dalam laut. Tumbuhan ini terdiri dari rhizoma, daun dan akar.[11] Diameter rhizoma sekitar 1,5 cm dan ditutupi oleh serabut hitam. Akarnya berbentuk seperti kabel tak bercabang dengan panjang sekitar 18,50 157,65 mm. Panjang daun *Enhalus Acoroides* sendiri dapat mencapai 2m dengan lebar daun 2cm. Ujung daun membulat dan terkadang agak bergerigi utamanya pada tanaman muda.

2.3. Aspek Geometri

Perhitungan geometri komposit menggunakan persamaan (1) sampai persamaan (4):

a. Massa Komposit

Persamaan (1) digunakan untuk menghitung massa komposit sebagai berikut:[12]

$$m_c = m_f + m_m \quad (1)$$

b. Massa Jenis Komposit

Menggunakan persamaan (2) untuk menghitung massa jenis komposit sebagai berikut:[12]

$$\rho_c = \frac{m_c}{v_c} \quad (2)$$

c. Fraksi Serat

Menggunakan persamaan (3) untuk menghitung fraksi berat serat, sebagai berikut:[12]

$$W_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100\% \quad (3)$$

Menggunakan persamaan (4) untuk menghitung fraksi volume serat sebagai berikut:[12][13]

$$V_f = \frac{(m_f/\rho_f)}{(m_f/\rho_f + m_m/\rho_m)} \times 100\% \quad (4)$$

2.4. Pengujian Impact

Pengujian *impact* merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Dan merupakan upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dimana beban selamanya tidak terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba – tiba. Pada pengujian *impact* ini banyaknya energi yang diserap oleh bahan untuk terjadi perpatahan merupakan ukuran ketahanan *impact* dan ketangguhan bahan tersebut.[14] Besarnya energi terserap pendulum saat mematahkan spesimen material komposit dihitung menggunakan persamaan (5) sebagai berikut:[12][14]

$$E_{serap} = m \cdot g \cdot R (\cos\beta - \cos\alpha) \quad (5)$$

Setelah diketahui besarnya energi yang diserap pendulum saat mematahkan spesimen, maka besarnya kekuatan/energi *impact* dapat dihitung dengan persamaan (6) sebagai berikut;

$$HI = \frac{E}{A} \quad (6)$$

2.5. Metode

Objek penelitian ini adalah material komposit yang diperkuat serat alam daun lamun *Enhalus Acoroides* dengan perbandingan variasi fraksi volume serat daun lamun dan polyester yakni 10%:90%, 20%:80 dan 30%:70%, dengan melakukan pengujian *impact*.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen:

1. Variabel bebas: komposisi serat lamun dan resin polyester 10%:90%, 20%:80% dan 30%:70%
2. Variabel terikat: Harga *Impact* (HI) dan Energi Serap (ES)
3. Variabel kontrol: perlakuan larutan alkalin yaitu larutan NaOH 5% terhadap serat lamun yakni 2 jam, Ukuran serat lamun 5cm untuk spesimen uji *impact* dengan arah searah.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

Bahan Penelitian: Serat daun lamun, resin *unsaturated polyester* BQTN, Katalis, *mirror glaze*, Larutan NaOH, Akuades.

Alat Penelitian: Timbangan digital, cetakan untuk komposit, gelas beker, gelas ukur, pipet tetes, pengaduk, jangka sorong dan mikrometer sekrup.

Prosedur pengujian didasarkan pada ASTM E.23 dengan urutan sebagai berikut:

1. Meletakkan benda uji di tempat benda uji pada alat uji *impact*.
2. Mengatur posisi jarum penunjuk pada 0°
3. Mengangkat pendulum sejauh 140° dengan cara memutar berlawanan arah jarum jam secara perlahan – lahan.
4. Melepaskan pendulum untuk mengayun dan mengenai benda uji/spesimen.
5. Melihat dan mencatat hasil data yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk pada busur derajat.
6. Melakukan perhitungan dari data pengujian yang telah diperoleh, yaitu menghitung usaha (W) dan harga *impact* (K).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Perhitungan Volume Serat Lamun

Fraksi volume serat lamun menjadi objek penting dalam penelitian ini, dalam hal ini perlu diketahui harga fraksi volume serat lamun untuk dipadukan dengan resin polyester. Melalui tahapan perhitungan untuk masing – masing komposisi, maka diperoleh data hasil perhitungan yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan volume serat & resin

Volume serat (gram)	Volume resin (gram)
0 (0%)	0 (0%)
0,45 (10%)	6,01 (90%)
0,90 (20%)	5,34 (80%)
1,36 (30%)	4,67 (70%)

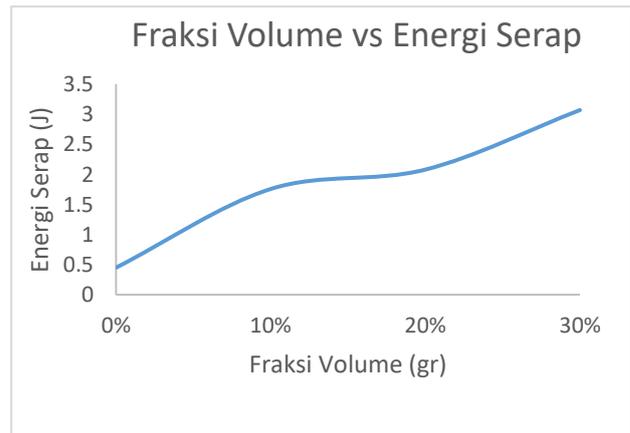
3.2. Data Hasil Pengujian Impact

Pengujian *impact* telah dilakukan sesuai dengan tahapan prosedur pengujian untuk tiap – tiap benda uji yang ditunjukkan pada tabel 2. Nilai yang diperoleh dari hasil uji menunjukkan komposit polyester yang diperkuat serat daun lamun memiliki nilai *impact* rata – rata 0,08 J/mm² untuk komposisi serat 0%, 0,32 J/mm² untuk komposisi serat 10%, 0,38 J/mm² untuk komposisi serat 20% dan 0,56 J/mm² untuk komposisi serat 30%.

Tabel 2. Hasil pengujian *impact*

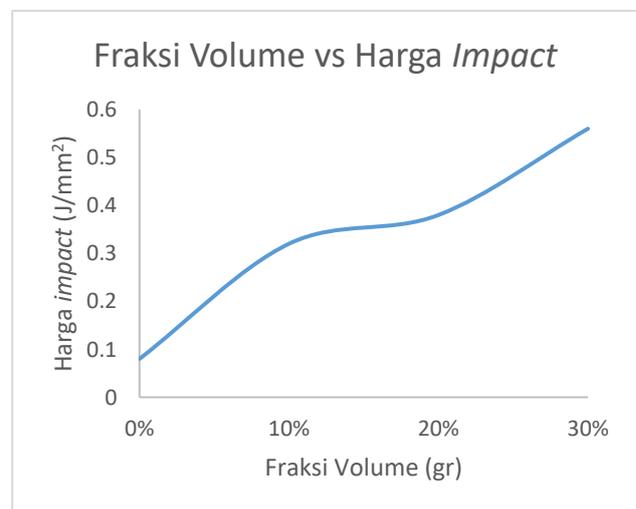
Komposisi serat (%)	Berat Spesimen (gr)	Serap Energi (J)	Kekuatan <i>impact</i> (J/mm ²)
0	9,89	0,45	0,08
10	12,19	1,758	0,32
20	10,31	2,08	0,38
30	13,23	3,07	0,56

Berdasarkan data gambar 1 yang ditampilkan, diketahui bahwa hasil pengujian pada 4 benda uji komposit polyester dengan 4 variasi komposisi serat, komposisi 30% serat daun lamun dan 70% resin memiliki nilai energi serap yang lebih tinggi dibandingkan dengan 0%, 10%:90% dan 20%:80%.



Gambar 1. Grafik fungsi hubungan fraksi volume dan energi serap

Berdasarkan data gambar 1 yang ditampilkan, diketahui bahwa hasil pengujian pada 4 benda uji komposit polyester dengan 4 variasi komposisi serat, komposisi 30% serat daun lamun dan 70% resin memiliki nilai harga *impact* yang lebih tinggi dibandingkan dengan 0%, 10%:90% dan 20%:80%. Hal ini relevan dengan penelitian sebelumnya [10][15][14] yang menyatakan bahwa jumlah fraksi volume berpengaruh terhadap kekuatan *impact*, karena semakin banyak jumlah fraksi volume serat maka semakin tinggi kekuatan *impact* material komposit.



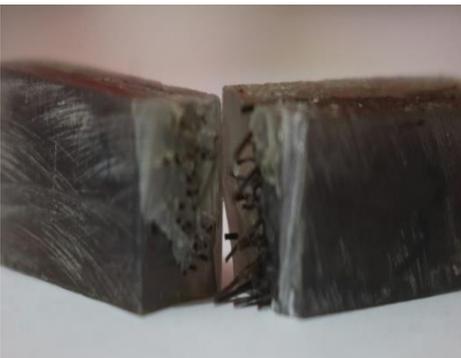
Gambar 2. Grafik fungsi hubungan fraksi volume dan energi serap

Analisa makro pola patahan pada benda uji *impact* komposit dengan komposisi serat 0% dan resin 100% terlihat patahan halus pada benda uji. Permukaannya terasa halus dan terlihat permukaan butiran serbuk campuran resin terasa halus.



Gambar 3. Pola patahan benda uji *impact* komposit dengan komposisi 0%:100%

Analisa makro pola patahan pada benda uji *impact* komposit dengan komposisi serat 10% dan resin 90%. Terlihat bahwa kondisi permukaan patahan kasar. Pada benda uji komposit ini serat daun lamun tampak tersebar secara merata. Dan terlihat pada permukaan benda uji terdapat butiran serat daun lamun yang akan terlepas.



Gambar 4. Pola patahan benda uji *impact* komposit dengan komposisi 10%:90%

Analisa makro pola patahan pada benda uji *impact* komposit dengan komposisi serat 20% dan resin 80%. Terlihat bahwa kondisi permukaan patahan kasar. Pada benda uji komposit ini serat daun lamun tampak tersebar secara merata. Dan terlihat pada permukaan benda uji terdapat butiran serat daun lamun yang akan terlepas.



Gambar 5. Pola patahan benda uji *impact* komposit dengan komposisi 20%:80%

Analisa makro pola patahan pada benda uji *impact* komposit dengan komposisi serat 30% dan resin 70%. Terlihat bahwa kondisi permukaan patahan kasar. Pada benda uji komposit ini serat daun lamun tampak tersebar secara merata. Dan terlihat pada permukaan benda uji terdapat butiran serat daun lamun yang akan terlepas.



Gambar 6. Pola patahan benda uji *impact* komposit dengan komposisi 30%:70%

Pola patahan untuk uji *impact* dari komposit tunggal untuk setiap benda uji terlihat adanya ikatan antara serat dan polyester yang apabila diberi beban terus bertambah akan mengalami patahan. Pada benda uji mengalami kegagalan dalam hal ini patahan, serat masih dapat menahan beban, sehingga proses terjadinya patahan tidak berlangsung bersamaan.

4. KESIMPULAN

Dari uraian hasil dan pembahasan maka dapat dibuat Kesimpulan sebagai berikut:

Penambahan fraksi volume serat daun lamun yang digunakan sebagai penguat pada material komposit akan diterima oleh matrik yang diteruskan pada serat penguatnya. Ditunjukkan dengan nilai tertinggi HI = 0,56 J/mm² pada komposisi serat 30% serat lamun dan 70% resin polyester dengan nilai ES = 3,07 J, dengan berat benda uji 13,23gr. Penelitian relevan dengan hasil penelitian – penelitian sebelumnya.

Hal ini sesuai dengan prinsip dasar komposit, bahwa serat berfungsi sebagai penguat selama matrik mengikat dengan baik. Dan semakin banyak serat yang digunakan dalam maka gaya yang diterima oleh material komposit akan semakin kecil sedangkan kekuatan tahan akan semakin besar.

Kajian penting pada penelitian selanjutnya yang perlu menjadi perhatian masih terkait dengan campuran antara serat daun lamun dan resin jika komposisi campurannya seimbang untuk melihat

berapa peningkatan harga *impact* dan kekuatan tarik yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Pattimura atas dukungan dana untuk membiayai kegiatan Penelitian melalui PNBP Fakultas Teknik tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. H. Sermatang, C. I. Tupan, and L. Siahainenia, “MORFOMETRIK LAMUN *Thalassia hemprichii* BERDASARKAN TIPE SUBSTRAT DI PERAIRAN PANTAI TANJUNG TIRAM, POKA, TELUK AMBON DALAM,” *Trit. J. Manaj. Sumberd. Perair.*, vol. 17, no. 2, pp. 77–89, 2021, doi: 10.30598/tritonvol17issue2page77-89.
- [2] I. F. Suleman, R. Sulistijowati, S. H. Manteu, and W. R. Nento, “IDENTIFIKASI SENYAWA SAPONIN DAN ANTIOKSIDAN EKSTRAK DAUN LAMUN (*Thalassia hemprichii*),” *Jambura Fish Process. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 94–102, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal.ung.ac.id/index.php/jfpj/issue/archive>
- [3] Y. Gunawan and E. Penulis, “Sarudin, Sudarsono dan Yuspian G., 2019,” vol. 4, no. 4, pp. 124–128, 2019.
- [4] W. Iswidodo, A. Lungiding, and T. Irmiyana, “Pengaruh Komposit Serat Daun Lontar Terhadap Redaman Suara Pada Kapal Nelayan,” *Semin. Nas. Terap. Ris. Inov. ke-VII*, pp. 252–259, 2021.
- [5] M. I. Koto, N. Erizon, and H. Nurdin, “MENGUNAKAN METODE HAND LAY UP DENGAN BERBAGAI VARIASI FRAKSI TENSILE STRENGTH ANALYSIS OF FIBER GLASS COMPOSITE MATERIALS USING HAND LAY UP METHOD WITH VARIOUS FRACTIONAL VARIATIONS,” vol. 5, no. 1, pp. 26–31, 2023.
- [6] S. Arief and A. Sidiq, “Pengaruh Variasi Panjang Serat Serat Kayu Gelam (*Melaleuca Leucandendra*) Terhadap Kekuatan,” vol. 03, no. 01, pp. 42–48, 2017.
- [7] L. Widodo, K. Priyanto, and B. Margono, “Analisis Ketangguhan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Daun Nanas Berdasarkan Jenis Anyaman,” *Teknika*, vol. 7, no. 4, pp. 217–227, 2022, doi: 10.52561/teknika.v7i4.207.
- [8] R. Saputra, K. Kardiman, D. T. Santoso, and A. I. Imran, “Analisis Sifat Mekanis dan Sifat Fisis pada Komposit Serat Sabut Kelapa Serat Bambu Matriks Epoxy Sebagai Material Bumper Mobil,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 1, p. 37, 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i1.3014.
- [9] B. Tomi, M. Budha, and K. A. Siska, “Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serabut Kelapa Merah dengan Fraksi Volume Menggunakan Resin Epoxy,” *J. Rekayasa Mesin dan Inovasi Teknologi*, vol. 02, no. 02, p. 123, 2021.
- [10] Fikran, B. Muhammad, and Mardin, “Analisis Sifat Mekanis Bahan Komposit Lamina Serat Sisal (*Sisalana Agave*) Bermatriks Polimer,” *J. Technol. Process*, vol. 2, no. 1, pp. 1–13, 2022.
- [11] S. Rawung, F. F. Tilaar, and A. B. Rondonuwu, “The Inventory of Seagrasses in Marine Field Station of Faculty of Fisheries and Marine Science in Subdistrict of East Likupang District North Minahasa,” *J. Ilm. Platax*, vol. 6, no. 2, p. 38, 2018, doi: 10.35800/jip.6.2.2018.20619.
- [12] Gundara, “Sifat Tarik, Bending dan Impak Komposit Serat Sabut Kelapa-Polyester dengan Variasi Fraksi Volume: Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya,” *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 3, no. 1, pp. 10–19, 2019.
- [13] C. Gautama, M. Fa’iz Alfatih, and S. Alimi, “Eksperimen Uji Bending Pada Komposit Resin Polyester Dan Epoxy Serat Jerami Padi Dengan Proses Hand Lay Up,” *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 8, no. 2, pp. 237–242, 2022, doi: 10.56521/teknika.v8i2.623.
- [14] C. Iswan, B. Maryanti, and K. Arifin, “Analisis Perbandingan Kekuatan Variasi Fraksi Volume Komposit Serat Ijuk Terhadap Sifat Mekanis Komposit Dengan Matriks Resin Epoksi,” *Snitt*, vol. c, pp. 36–43, 2018.
- [15] C. B. Wiranegara, X. Salahudin, and S. Hastuti, “Pemanfaatan Serat Alam Dan Serat Sintetis Sebagai,” *J. ...*, vol. 5, no. 2, pp. 30–37, 2022, [Online]. Available: <http://www.e-journal.polmanceper.ac.id/index.php/Foundry/article/view/57>