

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

# ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

## Pengaruh Fraksi Volume dan Perlakuan Awal Terhadap Kekuatan Bending Pada Material Komposit Serat TKKS

Jefri Aldo<sup>1\*</sup>, Nur Candra Dana Agusti<sup>2</sup>, Ayesha Gilang Prahara<sup>3</sup>, Agung Tri Noviyanto<sup>4</sup><sup>1,2,3</sup> Program Studi Pemeliharaan Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Subang, Jl. Sukamulya, Blok Kaleng Banteng, Cibogo, Subang, Jawa Barat, Indonesia<sup>4</sup> Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Subang, Jl. Sukamulya, Blok Kaleng Banteng, Cibogo, Subang, Jawa Barat, Indonesia

### ARTICLE INFO

*Keywords:*  
natural composites  
EFB fiber  
volume fraction  
alkali treatment  
bending test

### ABSTRACT

*This study aims to evaluate the effect of fiber volume fraction and alkali surface treatment on the bending strength of composite materials reinforced with empty fruit bunch (EFB) fibers from oil palm (TKKS). The TKKS fibers were soaked in NaOH solutions with concentrations of 2%, 4%, and 6% for fiber fractions of 20%, 40%, and 60%, respectively. The composite was fabricated using the hand lay-up method with epoxy resin as the matrix and tested using the three-point bending method based on ASTM D790. The test results showed that the 20% volume fraction treated with 2% NaOH yielded the highest average bending strength of 39.59 MPa. Meanwhile, the average strength for 40% and 60% fiber fractions were 31.88 MPa and 30.07 MPa, respectively. These findings indicate that increasing fiber volume fraction does not linearly improve mechanical performance, particularly in flexural loading. It can be concluded that the combination of 20% fiber volume fraction and 2% NaOH treatment provides the best performance in terms of bending strength for TKKS-based composites.*

### Pendahuluan

Seiring berkembangnya teknologi material, pendekatan berbasis bio-komposit menjadi semakin relevan dalam mendukung pembangunan berkelanjutan [1][2]. Serat alam dari limbah pertanian seperti TKKS tidak hanya melimpah secara kuantitas di Indonesia sebagai negara produsen kelapa sawit terbesar di dunia tetapi juga belum

dimanfaatkan secara optimal dalam sektor industri bernilai tambah tinggi [3][4]. Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa produksi kelapa sawit Indonesia menghasilkan jutaan ton limbah padat setiap tahunnya, termasuk TKKS, yang sebagian besar belum dikelola secara produktif [5].

Permintaan terhadap material komposit ramah lingkungan terus

\*Corresponding author: [jefrialdo7@gmail.com](mailto:jefrialdo7@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i1.10546>

Received 5 November 2025; Received in revised form 27 November 2025; Accepted 1 Desember 2025

Available online 1 March 2026

meningkat seiring dengan kesadaran global akan pentingnya pengurangan limbah sintetis dan dampak lingkungan yang diakibatkannya [6]. Salah satu potensi besar yang dimiliki Indonesia dalam pengembangan material hijau adalah pemanfaatan serat alam dari limbah pertanian, khususnya Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) [7][8].

Serat TKKS memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang cukup tinggi, menjadikannya kandidat potensial sebagai bahan penguat (*reinforcement*) dalam material komposit [9][10]. Selain itu, lignin yang masih terkandung dalam serat menyebabkan permukaan menjadi kurang aktif terhadap interaksi kimia dengan resin sintetis atau alami [11]. Hal ini menyebabkan rendahnya efisiensi transfer tegangan antar-fase ketika komposit mengalami pembebanan, terutama pada pembebanan lentur yang sangat bergantung pada kekuatan ikatan antara serat dan matriks [12].

Berbagai metode perlakuan permukaan serat telah dikembangkan untuk mengatasi kelemahan ini, di antaranya perlakuan alkali (NaOH), silanisasi, dan perlakuan dengan asam organik [13]. Perlakuan alkali misalnya, mampu menghilangkan sebagian hemiselulosa dan lignin dari permukaan serat, sehingga meningkatkan kekasaran dan area kontak dengan matriks polimer, serta meningkatkan polaritas serat untuk interaksi kimia yang lebih kuat [14]. Selain itu, perlakuan silan telah terbukti efektif dalam membentuk jembatan kimia antara gugus hidroksil pada serat dan gugus fungsional dari resin, yang berdampak pada peningkatan kekuatan tarik dan lentur komposit secara signifikan [15].

Penggunaan serat alam seperti TKKS dalam material komposit tidak hanya membantu mengurangi ketergantungan pada serat sintetis (fiberglass, karbon), tetapi juga memberikan keunggulan berupa material yang ringan, biodegradable, serta memiliki biaya produksi yang lebih rendah [16].

Namun, kekuatan mekanik material komposit berbasis serat TKKS, khususnya kekuatan bending (*fleksural strength*), masih menjadi tantangan utama. Sifat hidrofobik alami serat TKKS, keberadaan lignin, dan ikatan interfase yang lemah dengan matriks polimer menyebabkan performa mekaniknya belum sebanding dengan komposit berbasis serat sintetis [17]. Oleh karena itu, diperlukan strategi untuk meningkatkan kekuatan bending komposit, di antaranya melalui optimasi fraksi volume serat dan perlakuan awal (*surface treatment*) terhadap serat TKKS.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi fraksi volume dan jenis perlakuan awal serat TKKS terhadap kekuatan bending material komposit, serta menentukan kombinasi parameter terbaik untuk menghasilkan komposit ramah lingkungan dengan performa mekanik yang tinggi.

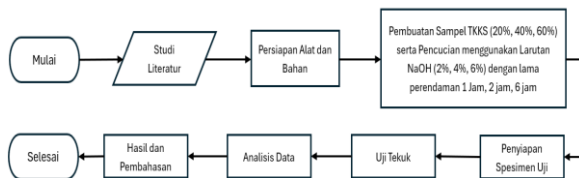
## Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan menggunakan pendekatan kuantitatif [18]. Bahan utama yang digunakan adalah serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai penguat (*reinforcement*) dan resin epoxy sebagai matriks. Serat TKKS yang digunakan terlebih dahulu melalui proses preparasi yang meliputi pembersihan, pemotongan, dan pengeringan selama 24 jam pada suhu 60°C untuk mengurangi kadar air dan meningkatkan adhesi dengan matriks. Resin Epoxy dicampur dengan katalis MEKPO (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*) sebanyak 1% dari total volume resin sebagai bahan pengeras.

Komposit dibuat dengan metode hand lay-up, di mana serat disusun ke dalam cetakan dengan variasi fraksi volume serat 20%, 40%, dan 60%, serta variasi perlakuan awal dengan perendaman NaOH sebesar 2%, 4%, dan 6%. Setiap kombinasi dibuat dalam tiga spesimen uji untuk menjamin keakuratan hasil. Setelah proses pencetakan, komposit didiamkan selama 24 jam agar

terjadi proses curing secara optimal, kemudian dilakukan pemotongan sesuai standar pengujian.

Pengujian sifat mekanik dilakukan menggunakan uji lentur dilakukan dengan metode tiga titik lentur (*three-point bending*) berdasarkan standar ASTM D790, untuk menentukan kekuatan lentur maksimum yang mampu ditahan oleh material komposit sebelum mengalami kerusakan. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dan dibandingkan antar variasi fraksi volume dan arah serat untuk mengetahui pengaruh masing-masing parameter terhadap performa mekanik komposit yang dihasilkan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada diagram alir Gambar 1. dimulai tahapan awal yakni persiapan bahan TKKS direndam menggunakan larutan NaOH dengan komposisi sebagai berikut ;

1. TKKS 20% direndam dengan NaOH 2% selama 1 jam.
2. TKKS 40% direndam dengan NaOH 4% selama 2 jam.
3. TKKS 60% direndam dengan NaOH 6% selama 6 jam.

Ketiga specimen tersebut diaduk menggunakan magnetic stirrer, kemudian setelah tercampur sempurna disiapkan specimen uji sesuai dengan standarnya. Kemudian ketiga specimen tersebut dilakukan uji tekuk dan dilakukan Analisa dan pembahasan.

Pembuatan komposit dilakukan dengan metode hand lay-up. Resin polyester dicampur dengan katalis MEKP sebanyak 1% dari berat resin, kemudian serat TKKS ditambahkan sesuai variasi fraksi volume (20%, 40%, dan 60%). Campuran dituangkan ke dalam cetakan dan didiamkan selama 24 jam (curing), kemudian dilakukan

post-curing pada suhu 60°C selama 2 jam [15]. Setelah komposit mengeras, specimen dipotong mengikuti standar ASTM D790 untuk pengujian kekuatan lentur.

Pengujian dilakukan menggunakan metode three-point bending dengan Universal Testing Machine (UTM). Parameter yang diukur meliputi kekuatan lentur maksimum (flexural strength), modulus lentur (flexural modulus), dan deformasi maksimum. Data hasil uji dianalisis untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume dan konsentrasi perlakuan alkali terhadap sifat mekanik komposit. Analisis statistik deskriptif dan ANOVA digunakan untuk menguji signifikansi pengaruh perlakuan terhadap peningkatan performa mekanik (Pickering et al., 2016).

## Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah perlakuan awal dan Massa Jenis 20%, 40%, dan 60% dengan sampel uji 9 buah specimen bervariasi yang akan dilakukan pengujian mekanik berupa uji bending untuk mengetahui mutu suatu material akibat diberi pembebanan dan kekenyalan dari specimen. Pengujian bending dilaksanakan di Laboratorium bahan Departemen Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dengan standar ASTM D790 tipe *three point* bending dengan kapasitas 500KN. Berikut merupakan tabel data dimensi untuk specimen pengujian bending yang mengacu pada standar D790 dengan variasi Massa Jenis serat 20%, 40%, dan 60%.

Setelah data dimensi specimen diukur dan didapat, kemudian dilakukan pengujian bending pada 9 specimen dari masing-masing variasi orientasi Massa Jenis serat 20%, 40% dan 60% lalu mengolah data hasil dari pengujian bending tersebut. Berikut adalah data hasil dari pengujian bending komposit resin epoxy berpenguat TKKS untuk variasi Massa Jenis serat 20%, 40% dan 60%.

Tabel 1. Hasil Uji Bending

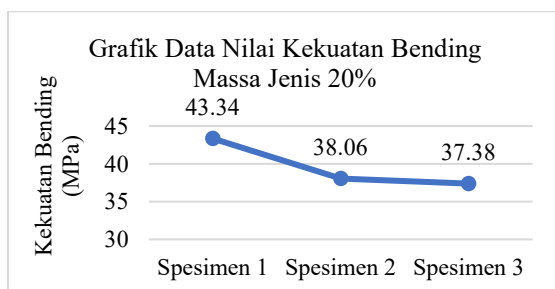
Perlakuan Awal (Perenda man NaOH)	Variasi Massa Jenis	No. Spesimen	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)
2%, 4%, 6%	20%	1	14	7	112
		2	14,5	7	112
		3	14,4	7	112
2%, 4%, 6%	40%	1	15	8	128
		2	15	8,2	128
		3	15	8	128
2%, 4%, 6%	60%	1	14	7,2	112
		2	14	7,2	112
		3	14	7,1	112

Setelah melakukan perhitungan seperti diatas, didapatkan nilai kekuatan bending spesimen Massa Jenis 20% dari masing-masing spesimen yang diukur dari besar max load dan dimensi yang berbeda dari tiap spesimen. Berikut merupakan tabel yang berisi data hasil kekuatan bending untuk Massa Jenis 20% yang sudah dihitung.

Tabel 2. Hasil Kekuatan Bending Fraksi 20%

No. Spesimen	Kekuatan Bending (MPa)	Max Load (N)
1	43,34	177
2	38,06	161
3	37,38	157
Min	37,38	157
Max	43,34	177
Average	39,59	165

Telah dilakukan perhitungan untuk mencari nilai kekuatan bending untuk komposit serat TKKS berpenguat resin epoxy dengan Massa Jenis 20%, dibawah ini merupakan grafik dari data nilai kekuatan bending Massa Jenis 20%.



Gambar 2. Grafik Data Nilai kekuatan Bending Massa Jenis 20%

Gambar 2. memperlihatkan nilai kekuatan bending komposit serat TKKS dengan fraksi volume serat 20% untuk tiga spesimen uji. Hasil menunjukkan bahwa spesimen 1 memiliki kekuatan bending tertinggi sebesar 43,34 MPa, diikuti oleh spesimen 2 dengan 38,06 MPa, dan spesimen 3 dengan 37,38 MPa. Terjadi penurunan nilai kekuatan secara bertahap dari spesimen pertama ke spesimen ketiga. Hal ini dapat disebabkan oleh ketidakhomogenan distribusi serat, ketidakkonsistenan proses pencetakan, atau ketepatan perlakuan alkali pada masing-masing spesimen. Meskipun terjadi penurunan, ketiga nilai tersebut tetap menunjukkan performa mekanik yang cukup baik, bahkan merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan fraksi volume lainnya. Rata-rata kekuatan bending pada fraksi 20% adalah 39,59 MPa, menjadikannya kombinasi optimal antara kekuatan dan efisiensi penggunaan serat dalam komposit TKKS berpenguat resin epoxy.

Setelah melakukan perhitungan seperti diatas, didapatkan nilai kekuatan bending spesimen Massa Jenis 40% dari masing-masing spesimen yang diukur dari besar max load dan dimensi yang berbeda dari tiap spesimen.

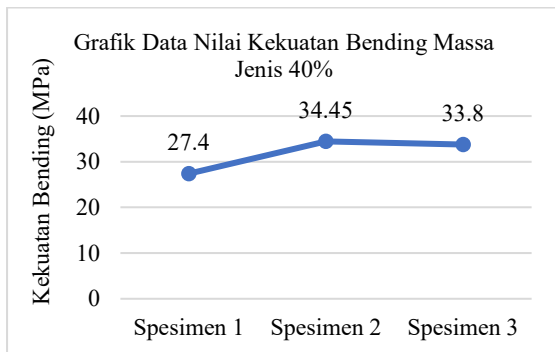
Berikut merupakan tabel yang berisi data hasil kekuatan bending untuk Massa Jenis 40% yang sudah dihitung.

Tabel 3. Hasil Kekuatan Bending Fraksi 40%

No. Spesimen	Kekuatan Bending (MPa)	Max Load (N)
1	27,4	137
2	34,45	181
3	33,8	169
Min	27,4	137
Max	34,45	181
Average	31,88	162,3

Setelah melakukan perhitungan untuk mencari nilai kekuatan bending untuk komposit serat TKKS berpenguat resin epoxy dengan Massa Jenis 40%, dibawah ini

merupakan grafik dari data nilai kekuatan bending Massa Jenis 40%.



Gambar 3. Grafik Data Nilai Kekuatan Bending Massa Jenis 40%

Gambar 3. merupakan nilai kekuatan bending dari material komposit serat TKKS dengan fraksi volume serat 40%, yang diuji pada tiga spesimen berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen 1 memiliki kekuatan bending paling rendah sebesar 27,4 MPa, sementara spesimen 2 dan 3 menunjukkan nilai yang lebih tinggi, yaitu 34,45 MPa dan 33,8 MPa. Terlihat adanya peningkatan kekuatan bending dari spesimen 1 ke spesimen 2, kemudian sedikit penurunan pada spesimen 3 meskipun masih lebih tinggi dari spesimen 1. Variasi ini mengindikasikan bahwa meskipun fraksi volume dijaga tetap pada 40%, kemungkinan terdapat faktor lain seperti distribusi serat, ketepatan proses pencampuran, atau kualitas perendaman alkali yang mempengaruhi hasil kekuatan bending. Secara umum, komposit dengan fraksi 40% menunjukkan performa mekanik yang cukup baik, dengan kekuatan bending rata-rata sekitar 31,88 MPa, namun masih di bawah performa optimum yang ditemukan pada fraksi 20%.

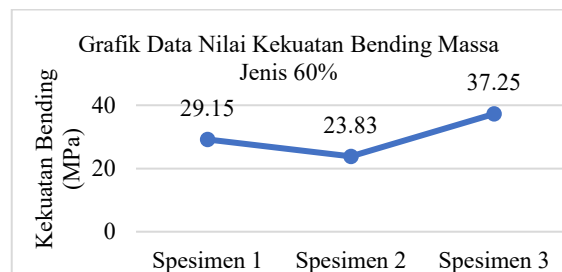
Setelah melakukan perhitungan seperti diatas, didapatkan nilai kekuatan bending spesimen Massa Jenis 60% dari masing-masing spesimen yang diukur dari besar max load dan dimensi yang berbeda dari tiap spesimen.

Berikut merupakan tabel yang berisi data hasil kekuatan bending untuk Massa Jenis 60% yang sudah dihitung.

Tabel 4. Hasil Kekuatan Bending Fraksi 60%

No. Spesimen	Kekuatan Bending (MPa)	Max Load (N)
1	29,15	126
2	23,83	103
3	37,25	161
Min	23,83	103
Max	37,25	161
Average	30,07	130

Setelah melakukan perhitungan untuk mencari nilai kekuatan bending untuk komposit serat TKKS berpenguat resin epoxy dengan Massa Jenis 60%, dibawah ini merupakan grafik dari data nilai kekuatan bending Massa Jenis 60%.



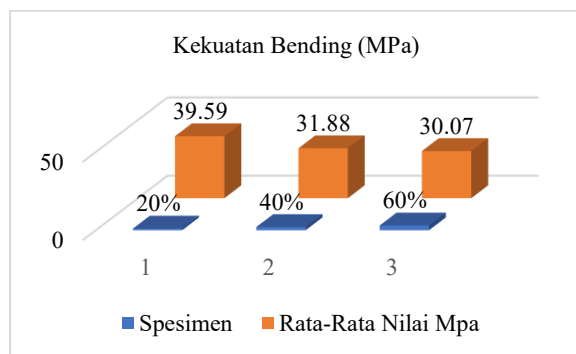
Gambar 4. Grafik Data Nilai Kekuatan Bending Massa Jenis 40%

Gambar 4. menunjukkan nilai kekuatan bending komposit serat TKKS dengan fraksi volume serat 60% untuk tiga spesimen uji. Hasil pengujian memperlihatkan adanya variasi yang cukup signifikan antar spesimen. Spesimen 1 memiliki kekuatan bending sebesar 29,15 MPa, spesimen 2 mengalami penurunan menjadi 23,83 MPa, dan spesimen 3 menunjukkan peningkatan tajam hingga mencapai 37,25 MPa. Fluktuasi ini mengindikasikan bahwa pada fraksi volume tinggi seperti 60%, distribusi serat dalam matriks resin cenderung tidak merata, yang dapat menyebabkan konsistensi mekanik berkurang. Kandungan serat yang terlalu tinggi juga bisa menyebabkan agregasi serat dan porositas, sehingga menghambat ikatan antar fase dan menurunkan kekuatan lentur. Meskipun spesimen 3 menunjukkan performa yang baik, secara umum rata-rata kekuatan bending pada fraksi 60% (30,07 MPa) masih lebih rendah dibandingkan

dengan fraksi 20%, menandakan bahwa peningkatan volume serat tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan mekanik komposit.

Tabel 5. Perbandingan Nilai Kekuatan Bending

No	Kekuatan Bending (Mpa)		
	Massa Jenis		
Spesimen	20%	40%	60%
1	43,34	27,4	29,15
2	38,06	34,45	23,83
3	37,38	33,8	37,25
Rata-Rata	39,59	31,88	30,07



Gambar 5. Rata-rata Nilai Kekuatan Bending

Gambar 5. merupakan perbandingan rata-rata nilai kekuatan bending dari komposit serat TKKS dengan tiga variasi fraksi volume serat, yaitu 20%, 40%, dan 60%. Hasil menunjukkan bahwa fraksi volume 20% menghasilkan kekuatan bending tertinggi, yaitu 39,59 MPa, diikuti oleh fraksi 40% sebesar 31,88 MPa, dan fraksi 60% sebesar 30,07 MPa. Pola ini mengindikasikan bahwa penambahan fraksi volume serat di atas 20% justru menyebabkan penurunan kekuatan mekanik komposit. Hal ini dapat disebabkan oleh penumpukan serat yang tidak merata, terjadinya void atau porositas, serta penurunan kualitas ikatan antar fase pada fraksi yang lebih tinggi. Dengan demikian, fraksi volume 20% dapat disimpulkan sebagai komposisi paling optimal dalam menghasilkan kekuatan bending tertinggi pada komposit TKKS berpenguat resin epoxy.

## Kesimpulan

Pengujian bending dengan fraksi volume 20%, 40% 60%, dan perlakuan awal

perendaman dengan NaOH sebesar 2%, 4%, dan 6% pada hasil fraksi volume 20% dan perlakuan awal 2% didapatkan nilai kekuatan bending 43,34, 38,06, 37,38 (MPa) dengan nilai rata-rata kekuatan bending 39,59 (MPa), Pada hasil fraksi volume 40% dan perlakuan awal 4% didapatkan nilai kekuatan bending 27,4, 34,45, 33,8 (MPa) dengan nilai rata-rata kekuatan bending 31,88 (MPa), Pada hasil fraksi volume 60% dan perlakuan awal 6% didapatkan nilai kekuatan bending 29,15, 23,83, 37,25 (MPa) dengan nilai rata-rata kekuatan bending 30,7 (MPa). Nilai tertinggi hasil fraksi volume 20%, 40%, 60% pada kekuatan bending 39,59 Mpa.

## Referensi

- [1] S. Muriana, "Analisis Komposit Berpenguat Serat Tandan Sawit Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Impak Dengan Perendaman Asap Cair," *EDUSAINTEK J. Pendidikan, Sains dan Teknol.*, vol. 10, no. 1, pp. 43–57, 2022, doi: 10.47668/edusaintek.v10i1.645.
- [2] D. Wulandari, "Pengaruh Variasi Susunan Arah Serat Komposit Berpenguat Serat Bambu Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending," *Univ. Negri Surabaya*, vol. 13, no. 1, pp. 1–6, 2024.
- [3] A. W. Gunandar, "Analisis Kekuatan Tarik Dan Impak Bahan Komposit Hibrid Berpenguat Serbuk Kayu Akasia Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit," *J. Tek. Mesin*, vol. 1, pp. 1–68, 2021, [Online]. Available: <http://repository.uir.ac.id/id/eprint/8977>.
- [4] M. Sulaiman, Y. Aziza, and M. H. Rahmat, "Pengembangan nanokomposit termoplastik yang diperkuat serat kenaf pada bumper mobil," *Proton*, vol. 10, no. 2, pp. 1–6, 2019, [Online]. Available: <http://publishing->

- widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/proton/article/view/959 .
- [5] Badan Pusat Statistik, “Kelapa Sawit Indonesia 2022,” *BPS-Statistics Indonesia*, Jakarta, 2022.
- [6] T. Irfansandi, M. Muhammad, F. Safriwardi, and A. Aljufri, “Analisa Kekuatan Tarik Komposit Serat Rotan Menggunakan Resin Epoksi dengan Variasi Fraksi Volume,” *Malikussaleh J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 1, p. 169, 2024, doi: 10.29103/mjmst.v8i1.14882.
- [7] X. Salahudin *et al.*, “Optimasi Kekuatan Lentur Komposit Serat Batang Kecombrang dengan Variasi Panjang Serat,” *Pros. Semin. Nas. Ris. Teknol. Terap.*, vol. 1, no. 1, p. 5, 2020.
- [8] D. Rika Widianita, “PEMANFAATAN LIMBAH KELAPA SAWIT (TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT) SEBAGAI PILIHAN ORGANIK TAMAMAN YANG RAMAH LINGKUNGAN DI KABUPATEN LABUHAN BATU UTARA Abdul,” *AT-TAWASSUTH J. Ekon. Islam*, vol. VIII, no. I, pp. 1–19, 2023.
- [9] P. Rahmawaty, M. Si, D. Respati, S. Sumunar, and M. Si, “PENGARUH FRAKSI VOLUME DAN VARIAS PERENDAMAN NaOH TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN IMPAK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU,” vol. 2, no. January, pp. 978–979, 2022.
- [10] P. Dengan Variasi Fraksi Volume Serat, M. Fawaid, and M. Chumaidi, “36 Sunardi, dkk; Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Penguat Papan,” *J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, 2016.
- [11] T. Rahmadi, “TA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN MATRIKS EPOXY SEBAGAI MATERIAL KOMPOSIT SEPEDA AIR (PEDDLE BOAT),” 2021.
- [12] K. L. Pickering, M. G. A. Efendy, and T. M. Le, “A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance,” *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 83, pp. 98–112, 2016, doi: 10.1016/j.compositesa.2015.08.038.
- [13] A. N. Oyedeji, I. Iliyasu, J. B. Bello, K. A. Salami, M. N. Dibal, and D. S. Yawas, “Effect of Fibre Parameters on the Physical and Mechanical Properties of Epoxy-Based Reinforced Deleb Palm Fibre Composite; Using Taguchi Grey Relational Optimization,” *J. Appl. Res. Ind. Eng.*, vol. 10, no. 3, pp. 350–363, 2023, doi: 10.22105/jarie.2022.349919.1487.
- [14] M. J. John and S. Thomas, “Biofibres and biocomposites,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 71, no. 3, pp. 343–364, 2008, doi: 10.1016/j.carbpol.2007.05.040.
- [15] O. Faruk, A. K. Bledzki, H. P. Fink, and M. Sain, “Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010,” *Prog. Polym. Sci.*, vol. 37, no. 11, pp. 1552–1596, 2012, doi: 10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003 .
- [16] A. Lotfi, H. Li, D. V. Dao, and G. Prusty, “Natural fiber–reinforced composites: A review on material, manufacturing, and machinability,” *J. Thermoplast. Compos. Mater.*, vol. 34, no. 2, pp. 238–284, 2021, doi: 10.1177/0892705719844546.
- [17] R. Feriyanto, A. Mujianto, H. T. Waluyo, and A. Nugroho, “Pengaruh Susunan Serat pada Komposit Serat Hibrid Laminat Berpenguat Serat Kaca dan Serat Tandan Kosong

Kelapa Sawit Terhadap Kekuatan Bending,” *Semin. Nas. TEKNOKA*, vol. 7, p. 2022, 2022.

- [18] John W. Creswell., *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research (3th ed.)*, vol. 66. 2012.