

Characteristics of hybrid composites of coconut coir and arenga fibers on the alkalization process using NaOH

Hesti Istiqlaliyah^{a,b,1}, Kristomus Boimau^c, Restin Meilina^d

^aUniversitas Nusantara PGRI Kediri, Kediri, 64112

^bProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri, Kediri, 64112

^cProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Nusa Cendana, Kupang, 85111

^dProgram Studi Manajemen, Universitas Nusantara PGRI Kediri, Kediri, 64112

¹Email korespondensi: hestiisti@unpkediri.ac.id

Abstract. The use of composite materials has been growing rapidly, particularly for natural fiber-reinforced composites, due to their environmentally friendly properties. This study aims to investigate the characteristics of hybrid composites based on coconut coir and arenga fibers subjected to an alkalization treatment using sodium hydroxide (NaOH) with concentrations of 5% and 10% and immersion times of 2 hours and 6 hours. The alkali treatment was performed to improve fiber tensile strength by removing hemicellulose, lignin, and surface impurities, thereby enhancing interfacial bonding with the polymer matrix. The results showed that fibers treated with 10% NaOH for 2 hours achieved the highest tensile strength of 62.30 MPa, compared to untreated fibers with 38.26 MPa. The fibers with the highest strength were then fabricated into composites with a 30% fiber volume fraction and 70% matrix, with a 50:50 ratio of coconut coir and arenga fibers. The hybrid composite exhibited a tensile strength of 1146 MPa, while the untreated composite had a tensile strength of 198,43 MPa. Based on tensile test results for both single fibers and composites, it can be concluded that alkali treatment significantly improves the material's tensile strength.

Keywords: hybrid composites, coconut coir, arenga fibers, NaOH treatment, tensile strength

Received: 30 September 2025; **Presented:** 9 October 2025; **Publication:** 9 March 2026

DOI: <https://doi.org/10.71452/kep5fv78>

PENDAHULUAN

Material plastik saat ini menjadi salah satu primadona dalam pembuatan berbagai produk rumah tangga. Mulai dari peralatan makan, hingga beberapa peralatan memasak. Padahal banyak sekali dampak negatif yang muncul akibat penggunaan peralatan makan dari material plastik ini. Salah satunya dapat mengeluarkan zat kimia berbahaya dalam jangka panjang yang berpotensi mencemari dan merusak kesehatan tubuh. Selain itu, peralatan dari material plastik berpotensi besar sebagai penyumbang limbah yang dapat mencemari lingkungan, karena tidak dapat diuraikan oleh alam. Hal ini disebabkan oleh material termoplastik yang memiliki daya tahan luar biasa karena tidak mengalami pembusukan, pelarutan, atau korosi [1]. Oleh sebab itu, dibutuhkan alternatif material pengganti yang kuat, tahan lama, dan ramah lingkungan. Salah satu material alternatif pengganti yang ramah lingkungan adalah komposit hybrid berpenguat serat alam. Terdapat banyak sekali serat alam yang dapat kita gunakan sebagai penguat material komposit, di antaranya adalah bagasse atau limbah tebu, pelepah pisang, serat sabut kelapa, serat widuri, serat kulit jagung, dan aren [2][3][4][5][6][7]. Serat sabut kelapa dipilih sebagai salah satu serat penguat dalam penelitian ini karena teridentifikasi memiliki kekuatan sesuai yang dibutuhkan, yaitu mencapai 17,67 Mpa dengan fraksi volume serat sabut kelapa 20% [8]. Sedangkan serat aren merupakan campuran serat sabut kelapa karena memiliki karakteristik serat

yang hampir sama dengan serat sabut kelapa. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini nantinya akan menganalisis bagaimana karakteristik komposit hybrid dengan kombinasi serat sabut kelapa dan serat aren sebagai material penguat menggunakan matriks poliester. Dari perpaduan kedua serat itu, diharapkan dapat memberikan referensi material baru terbarukan dan nantinya dapat diaplikasikan pada berbagai produk manufaktur. Serat serabut kelapa ini dipilih juga karena, seperti yang kita tahu, Indonesia adalah salah satu negara penghasil kelapa terbesar di dunia. Pohon kelapa ini banyak dijumpai di sepanjang dataran Indonesia [9]. Hampir seluruh bagian dari pohon kelapa ini dapat kita manfaatkan. Meskipun demikian, masih banyak ditemui di sekitar lingkungan masyarakat yang menghasilkan sampah dari kulit buah kelapa itu sendiri. Buah kelapa hanya diambil bagian daging dan airnya saja, sementara kulitnya dibuang dan menjadi sampah yang tidak jarang dijadikan sebagai sarang lalat serta hewan lainnya. Pemanfaatan serabut kelapa memberikan dampak ekonomi yang signifikan bagi masyarakat, terutama di daerah penghasil kelapa. Serabut kelapa bisa digunakan dalam berbagai produk, misalnya briket, bahan baku pupuk organik, dan bahan bangunan alternatif [10].

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya pengelolaan limbah atau sampah demi keberlanjutan lingkungan, serabut kelapa mulai diperhatikan sebagai sumber daya yang potensial untuk berbagai aplikasi dalam kehidupan. Hal ini

dikarenakan serabut kelapa memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang menjadikannya sebagai bahan baku komposit dan material yang ramah lingkungan [11].

Selain itu, pemanfaatan serabut kelapa dalam industri juga dapat mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan dan berkontribusi pada keseimbangan ekosistem. Salah satu penggunaannya adalah untuk bahan komposit yang memiliki kekuatan cukup tinggi [12]. Dengan tingginya nilai kekuatan dari komposit sabut kelapa ini, akhirnya diaplikasikan pada berbagai produk manufaktur. Salah satunya digunakan sebagai dinding kapal nelayan.

Komposit serabut kelapa juga dapat dimanfaatkan sebagai coolbox ikan hasil tangkapan nelayan. Coolbox dengan insulasi komposit sabut kelapa memiliki temperatur ikan terendah 0,7 °C, jika dibandingkan dengan insulasi berbahan baku Styrofoam yang hanya mencapai 1,8 °C. Selain itu coolbox komposit sabut kelapa mampu menjaga temperatur di bawah 20 °C selama 16,5 jam. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan komposit dari serabut kelapa dapat menyimpan ikan lebih baik dibandingkan dengan material styrofoam [13].

Begitu juga halnya pohon aren yang memiliki kesamaan manfaat dengan pohon kelapa. Tangkai batang aren ini biasanya hanya menjadi sampah yang tidak memiliki nilai jual. Padahal serat batang aren ini memiliki karakteristik ketangguhan impak mencapai 4200,34 J/m². Aren juga menunjukkan potensi yang baik sebagai bahan penguat komposit karena kekuatan dan elastisitasnya [14]. Dengan menggabungkan serat sabut kelapa dan aren sebagai penguat komposit hybrid, diharapkan dapat tercipta material baru terbarukan yang memiliki kekuatan mekanis yang baik, tahan terhadap perubahan suhu, dan ramah lingkungan. Pengembangan komposit hybrid dari serat alami ini juga mendukung konsep keberlanjutan dan mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi.

Penelitian tentang sifat dan karakteristik komposit serat alam ini sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh penulis dan peneliti lain dengan memanfaatkan berbagai sampah, dengan tujuan mengurangi jumlah limbah dan kemudian mengolahnya kembali menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Akan tetapi, pembuatan komposit tersebut kebanyakan hanya menggunakan satu jenis serat alam saja sebagai penguatnya [15][16]. Padahal, jika kita dapat menggabungkan serat tersebut, bisa jadi dapat meningkatkan sifat dan karakteristik dari komposit

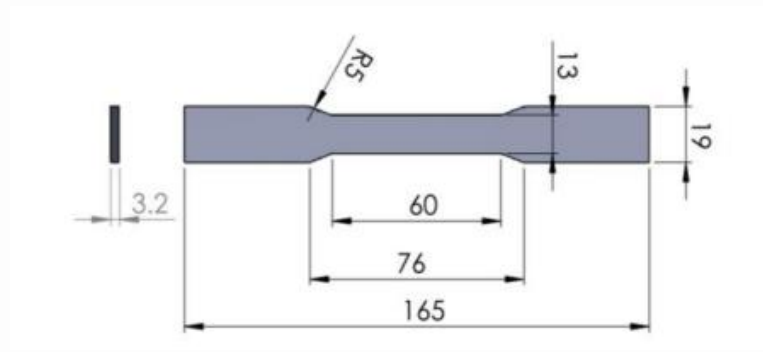
hybrid yang dihasilkan. Selain itu, penelitian ini juga akan memberikan kontribusi dalam pengembangan material berbasis sumber daya alam lokal serta mendukung upaya pelestarian lingkungan melalui penggunaan bahan alami yang dapat diaplikasikan pada berbagai bidang, khususnya produk manufaktur [15][17] yang selama ini hanya bergantung pada hasil tambang dan minyak bumi sebagai material dasar.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, di mana data didapatkan dari hasil pengujian dua variabel. Adapun variabel pada penelitian ini terdiri dari variabel terikat dan variabel bebas. Di variabel terikatnya adalah kekuatan tarik komposit. Sedangkan variabel bebasnya adalah variasi konsentrasi NaOH dan lama perendaman. Data hasil pengujian kemudian dianalisis dengan menggunakan ANOVA sehingga dapat ditarik satu kesimpulan. Metode ini dipilih karena dapat menunjukkan hubungan antarvariabel penelitian.

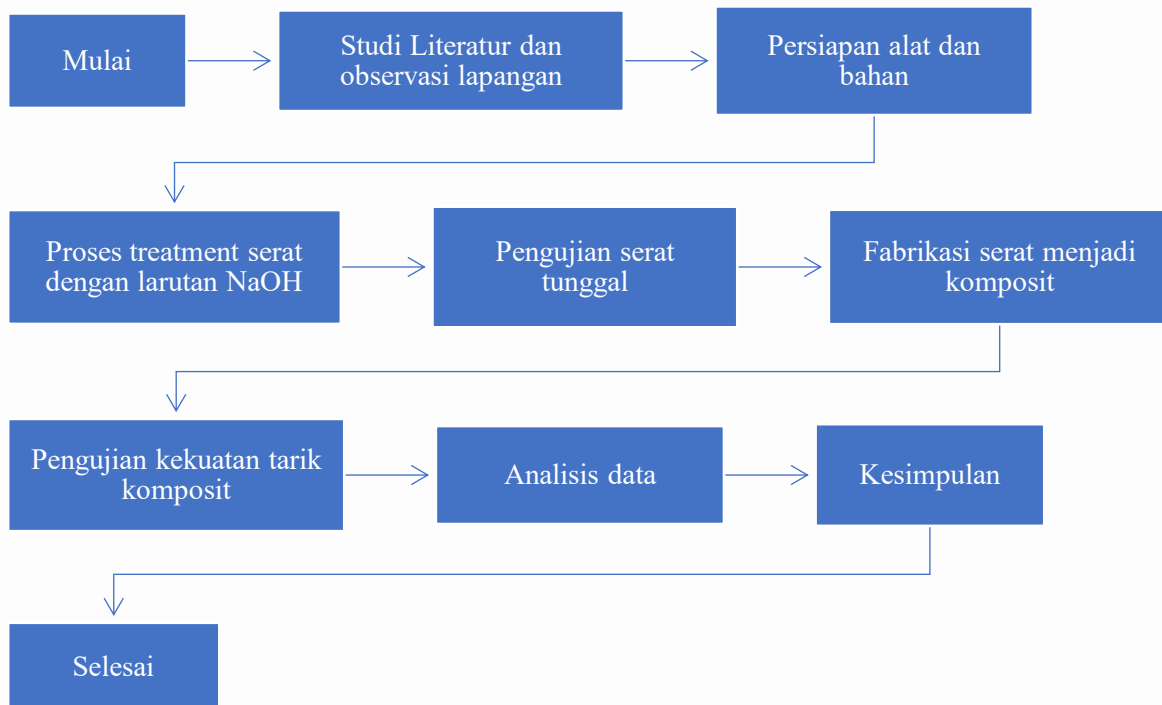
Serat alam sebelum diolah menjadi komposit tentunya melewati beberapa proses, diekstraksi dan bleaching [18]. Proses treatment ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan komposit melalui perendaman menggunakan larutan NaOH pada berbagai variasi konsentrasi [19][20]. Proses alkali ini diketahui dapat meningkatkan kekuatan impak material [21].

Pembuatan komposit diawali dengan pencucian serat sabut kelapa dan aren, kemudian dikeringkan. Setelah itu, sabut kelapa dan aren direndam dalam larutan NaOH 5% dan 10% selama kurang lebih 2 dan 6 jam. Proses perendaman serat ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan daya ikat serat dengan resin [22]. Kemudian serat kembali dicuci, dikeringkan, dan setelah itu diuji kekuatan tariknya. Untuk pembuatan material komposit hybrid ini, dipilih filler dari serat yang memiliki kekuatan tarik terbesar. Dalam pembuatan desain spesimen uji, terlebih dahulu dibuat mal atau gambarnya sesuai dengan ASTM D 638 [23] dengan menggunakan software SolidWorks. Volume serat pada spesimen uji sebesar 30% dan matriks polyester sebesar 70% [24]. Material komposit hybrid kemudian kembali diuji kekuatan tariknya, baik yang menggunakan filler dari serat tanpa perlakuan maupun dengan perlakuan alkali. Adapun model specimen uji adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Desain Specimen Uji Tarik ASTM D638

Penelitian yang akan dilakukan nantinya sesuai dengan alur kegiatan seperti yang terlihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 2. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, serat tunggal dengan treatment alkali maupun tanpa treatment akan diuji terlebih dahulu untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tarikannya. Hasil dari pengujian kekuatan tarik serat

tunggal kemudian dianalisis untuk dipilih menjadi filler agar menghasilkan komposit dengan kekuatan yang baik. Adapun hasil pengujian kekuatan tarik serat tunggal baik yang tanpa perlakuan maupun dengan proses alkali dapat dilihat pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Perbandingan Kekuatan Tarik Serat

No	Kekuatan Tarik (MPa)				
	Tanpa Perlakuan alkali	NaOH 5% selama 2 jam	NaOH 5% selama 6 jam	NaOH 10% selama 2 jam	NaOH 10% selama 6 jam
1	41,59	26,12	52,15	80,97	76,86
2	41,64	66,44	74,43	34,40	31,00

No	Kekuatan Tarik (MPa)				
	Tanpa Perlakuan alkali	NaOH 5% selama 2 jam	NaOH 5% selama 6 jam	NaOH 10% selama 2 jam	NaOH 10% selama 6 jam
3	13,43	22,15	38,40	39,38	41,48
4	39,29	16,29	65,94	169,96	62,45
5	35,65	54,29	29,86	53,89	64,33
6	39,60	61,18	30,71	69,47	21,81
7	32,66	40,90	135,22	40,89	87,41
8	42,09	13,13	78,85	64,03	96,67
9	49,49	19,62	32,25	91,15	57,73
10	43,85	22,12	44,13	36,84	25,40
11	22,64	65,58	27,57	44,63	34,80
12	62,25	30,84	40,19	89,19	27,85
13	50,46	73,14	63,16	35,00	54,78
14	29,24	40,48	40,41	13,79	21,74
15	44,48	68,11	33,12	65,21	25,61
16	61,34	49,68	41,98	51,51	40,55
17	22,90	63,27	44,21	56,45	20,05
18	15,86	43,86	56,03	53,38	25,40
19	49,94	51,60	40,34	69,88	27,83
20	26,73	38,97	73,08	86,01	50,80
Rata-rata	38,26	43,39	52,10	62,30	44,73

Hasil pengujian kekuatan tarik pada kelima jenis serat (tanpa perlakuan dan dengan perlakuan alkali) menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi pada masing-masing kelompok adalah :

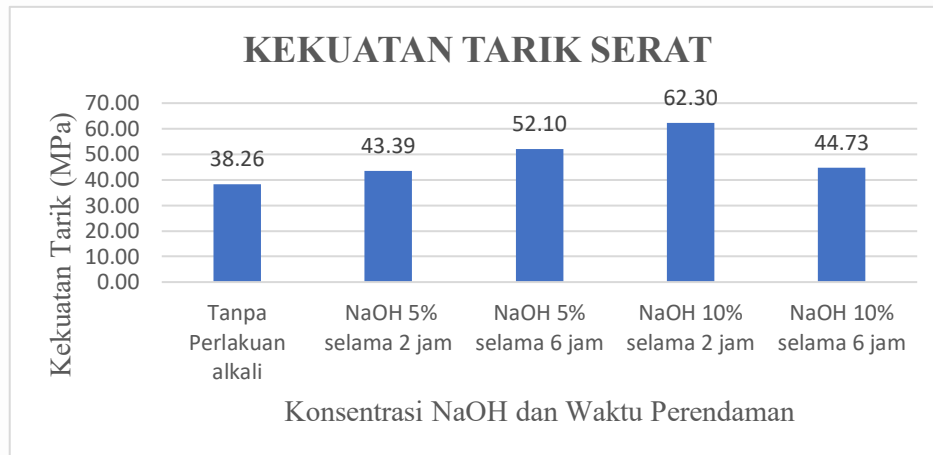
- Kekuatan tarik serat tertinggi tanpa perlakuan sebesar 62,25 MPa dengan rata-rata kekuatan sebesar 38,26 MPa. Sedangkan kekuatan tarik terendah adalah sebesar 13,43 MPa.
- Kekuatan tarik serat tertinggi dengan perlakuan alkali menggunakan NaOH 5% selama 2 jam adalah sebesar 68,11 MPa dengan rata-rata kekuatan sebesar 43,39 MPa. Sedangkan kekuatan terendahnya adalah sebesar 13,13 MPa.
- Kekuatan tarik serat tertinggi dengan perlakuan alkali menggunakan NaOH 5% selama 6 jam adalah sebesar 135,22 MPa dengan rata-rata kekuatan sebesar 52,10 MPa. Sedangkan kekuatan terendahnya adalah sebesar 27,57 MPa.
- Kekuatan tarik serat tertinggi dengan perlakuan alkali menggunakan NaOH 10% selama 2 jam adalah sebesar 169,96 MPa dengan rata-rata kekuatan sebesar 62,30 MPa. Sedangkan kekuatan terendahnya adalah sebesar 13,79 MPa.
- Kekuatan tarik serat tertinggi dengan perlakuan alkali menggunakan NaOH 10% selama 6 jam adalah sebesar 76,86 MPa dengan rata-rata kekuatan sebesar 44,73 MPa. Sedangkan kekuatan terendahnya adalah sebesar 21,74 MPa.

Dari kelima kelompok spesimen uji, dapat dilihat bahwa kekuatan tarik rata-rata terbesar adalah serat dengan perlakuan alkali menggunakan NaOH 10% selama 2 jam. Sedangkan kekuatan tarik rata-rata terendah adalah serat tanpa perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa proses alkali menggunakan NaOH pada lama prendaman tertentu dapat menghasilkan kekuatan tarik yang tinggi. Hal ini terjadi karena proses alkali dengan larutan NaOH berfungsi untuk menghilangkan hemiselulosa, lignin, lilin, dan kotoran yang menempel pada permukaan serat alam (misalnya sabut kelapa atau serat aren). Hilangnya komponen hemiselulosa, lignin, lilin, dan kotoran yang menempel pada permukaan serat menyebabkan permukaan serat menjadi lebih kasar dan terjadi interlocking mekanis yang lebih baik dengan matriks polimer. Selain itu, penghilangan hemiselulosa dan lignin memperbaiki kristalinitas selulosa, sehingga serat menjadi lebih kuat secara mekanik. Dengan kata lain, NaOH dapat meningkatkan ikatan antarmuka (*interfacial bonding*) antara serat dan matriks dalam komposit.

NaOH 10% selama 2 jam adalah kondisi optimum karena cukup kuat untuk menghilangkan hemiselulosa dan kotoran, tetapi tidak terlalu lama sehingga selulosa utama masih terjaga, dan kondisi ini yang menjadikan kekuatan tarik serat tinggi. Jika konsentrasi terlalu tinggi atau lama prendaman terlalu panjang, maka

sebagian selulosa akan terdegradasi, sehingga justru menurunkan kekuatan tarik serat. Sedangkan pada serat tanpa perlakuan, permukaan masih tertutup lignin, hemiselulosa, dan lapisan lilin. Akibatnya, ikatan antarmuka dengan matriks menjadi lemah dan distribusi tegangan saat uji tarik tidak merata, sehingga kekuatan tarik rata-rata menjadi rendah, sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Pradana pada tahun

2024 [29] yang menyatakan bahwa perlakuan NaOH dapat memperbaiki sifat-sifat serat, di mana permukaan serat menjadi lebih bersih, serta dapat meningkatkan sifat mekanik dan termal dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan. Secara jelas perbandingan kekuatan tarik rata-rata serat ini dapat dilihat pada gambar diagram berikut :

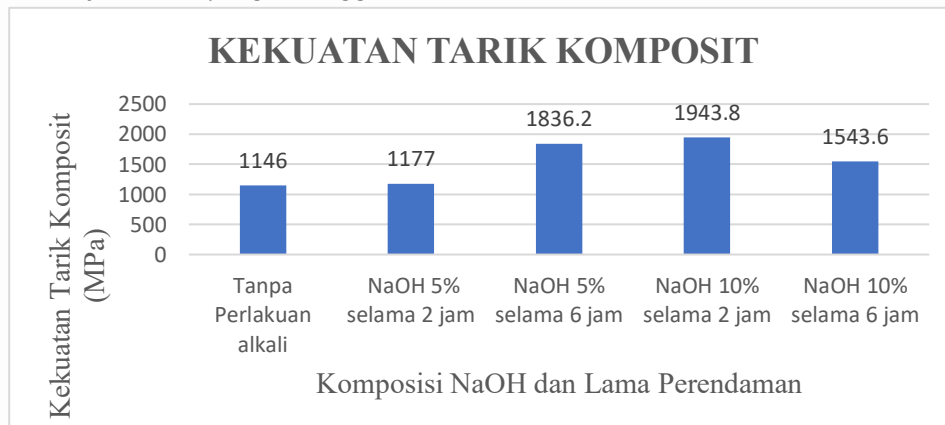


Gambar 3. Diagram Perbandingan Kekuatan Rata-Rata Serat

Gambar diagram menunjukkan urutan kekuatan tarik serat mulai dari yang terendah, adalah serat tanpa perlakuan, kemudian serat dengan perlakuan alkali menggunakan NaOH 5% selama 2 jam, serat dengan perlakuan alkali menggunakan NaOH 10% selama 6 jam, serat dengan perlakuan alkali menggunakan NaOH 5% selama 6 jam, dan yang tertinggi adalah

serat dengan perlakuan alkali menggunakan NaOH 10% selama 2 jam.

Serat kemudian difabrikasi menjadi komposit menggunakan komposisi 30% serat dan 70% matriks, kemudian diuji kembali kekuatan tariknya. Hasil uji kekuatan tarik komposit dapat dilihat pada diagram berikut :



Gambar 4. Diagram Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit

Kekuatan tarik komposit berbanding lurus dengan kekuatan tarik serat, di mana serat tanpa perlakuan yang kekuatannya terendah akan menghasilkan komposit dengan kekuatan terendah juga. Sebaliknya, serat dengan kekuatan tertinggi akan menghasilkan komposit dengan kekuatan tertinggi juga. Hal ini disebabkan oleh matriks yang dapat terdifusi ke dalam serat yang diberi perlakuan alkali dan berikatan dengan

serat lebih baik dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan. Hal ini juga menyebabkan kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi.

KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa serat dengan perlakuan alkali memiliki kekuatan tarik rata-rata yang

lebih tinggi dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan. Perlakuan NaOH mampu menghilangkan hemiselulosa, lignin, lilin, dan kotoran pada permukaan serat sehingga meningkatkan kekasaran permukaan serat, memperbaiki kristalinitas selulosa, dan memperkuat ikatan antarmuka (interfacial bonding) dengan matriks polimer. Perlakuan alkali menggunakan NaOH 10% selama 2 jam dapat menghasilkan kekuatan tarik rata-rata terbesar, yaitu 62,30 MPa, dengan nilai maksimum mencapai 169,96 MPa. Kondisi ini cukup efektif untuk membersihkan permukaan serat tanpa merusak struktur selulosa utama, sehingga menghasilkan sifat mekanik yang terbaik. Sedangkan serat tanpa perlakuan menunjukkan kekuatan tarik terendah. Rata-rata kekuatan tarik hanya sebesar 38,26 MPa, karena permukaan serat masih tertutup lignin, hemiselulosa, dan lapisan lilin sehingga ikatan dengan matriks lemah

dan distribusi tegangan tidak merata. Komposit yang dibuat dengan filler serat berperforma tinggi menghasilkan kekuatan tarik komposit yang lebih baik. Sebaliknya, komposit dengan filler serat tanpa perlakuan menghasilkan kekuatan tarik terendah. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas serat penguat sangat menentukan sifat mekanik komposit hybrid yang dihasilkan. Adapun implikasi dari penelitian ini adalah kombinasi serat sabut kelapa dan serat aren yang diberi perlakuan alkali berpotensi besar sebagai material alternatif pengganti plastik. Selain ramah lingkungan, komposit hybrid ini juga memiliki kekuatan mekanis tinggi, dapat diaplikasikan pada produk manufaktur seperti dinding kapal nelayan maupun coolbox penyimpanan ikan, serta mendukung upaya keberlanjutan dengan memanfaatkan limbah biomassa lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Febriansya, Aditya, et. all. 2023. Environmental Implications Of Styrofoam Waste And Its Utilization As Lightweight Fill Material For Embankment Construction. ISSAT. Pp.1-10. Doi : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447907036>.
- [2] Ilham, Muslimin, Istiqlaliyah, Hesti. Pemanfaatan Serat Rami (*Boehmeria Nivea*) Sebagai Bahan Komposit Bermatrik Polimer. *Journal Mesin Nusantara*. Pp : 34-41. Doi : <https://doi.org/10.29407/jmn.v2i1.13125>.
- [3] Istiqlaliyah, Hesti, I Putu, Lokantara, Amin, Tohari. Pengaruh Penambahan Serat Pelepeh Pisang Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Tebu Bermatriks Polyester. Pp: 232-242. Doi : <https://doi.org/10.29407/jmn.v7i2.24259>.
- [4] Istiqlaliyah, Hesti, Ah. S. F. K. N. H. M. 2022. Analisa Pengaruh Proses Alkali Pada Komposit Serat Tebu Bermatrik Polimer. *Journal Mesin Nusantara*. Pp : 189-200. Doi : <https://doi.org/10.29407/jmn.v5i2.19413>.
- [5] Istiqlaliyah, Hesti, A. B. 2022. Analisa Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Tebu Dengan Matriks Polyester. Available from: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=pwGv0bUAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=pwGv0bUAAAAJ:YFjsv_pBGBYC.
- [6] Pell. M. Y. W. P. N. K. B. 2023. Analisis Kegagalan pada daerah Sekitar Lubang Sambungan Baut pada Komposit Widuri akibat Pembebanan Tarik. *LONTAR*. Pp : 91-96. Doi : <https://doi.org/10.35508/ljtmu.v10i02.14283>.
- [7] Bale, Jefri, Littik, Yufitriani, and Boimau, Kristomus. 2021. Corn skin/polyester bio-composite: An experimental study on notch tensile strength. *AIP Conference Proceedings IC3PE*. Doi : <https://doi.org/10.1063/5.0062203>.
- [8] Istiqlaliyah, Hesti. K. N. 2020. The Tensile Strength Of Coco Fiber And Sugar Palm Fiber Composite Analysis. *International Conference on Industrial Revolution for Polytechnic Education*. Pp. 10-22. Available from: <http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/icirpe>.
- [9] M. C. Anwar, 2021, Daftar Negara Penghasil Kelapa Terbesar Di Dunia, Indonesia Juaranya, Kompas, Lombok.
- [10] Sari, R., & Budiyo, B., 2019, Pemanfaatan Serabut Kelapa sebagai Bahan Baku Pupuk Organik dan Produk Lainnya, *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 10(2), 123-130.
- [11] Shih, W. Y., Liu, Y. C., & Lee, C. C., 2020, Utilization of coconut coir as a sustainable raw material in composite manufacturing, *Journal of Cleaner Production*, 254, 120074.
- [12] Husein, Muhammad A., 2018, Analisis Penggunaan Serat Ijuk Dan Sabut Kelapa Sebagai Insulator Ruang Muat Kapal Jenis Purse Seine, Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [13] I. D. Dwi Ely Wardani, 2019, Inovasi Panel Komposit Limbah Serat Aren Sebagai Alternatif Material Pintu Kamar Mandi, *Jurnal Arsitektur GRID*, pp. 10-15.
- [14] M. A. M. R. I. M. M. J. D., 2022, Pengaruh Larutan Natrium Hidroksida Terhadap Kekuatan Komposit Serat Sabut Kelapa, *SINERGI*, pp. 96-102. [Internet] 2024;15:15–43. Available from: <https://journal.umy.ac.id/index.php/bti/article/download/20410/9170>.

- [15] Dian, Cori, A. Nurfatiyati, Drastinawati, Khairat, Akbar, Muhammad, Maharani, Cantika. 2023. Pembuatan Komposit dari Serat Sabut Kelapa dan Resin Polyester Sebagai Material Untuk Helm. *Journal of the Bioprocess, Chemical, and Environmental Engineering Science*. Pp: 57-64. Available from : <https://jbchees.ejournal.unri.ac.id/index.php/jbchees>.
- [16] Siagian, DEN. Putra, MHS. 2024. Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan. *CIVeng*. Pp : 55-60. Available from : <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/civeng>.
- [17] Damaru, Restu, Novaringga, Adellia, darmansyah, Ginting. 2021. Resin Composite Synthesis Reinforced with Banana Tree Fiber with Carboxylic Silica (SiO₂-COOH) Addition as a Nanofiller. *Indonesian Journal of Chemical Science*. Pp : 21-26. Available from : <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>.
- [18] Lokantara, IP. Suardana, NPG. 2020. A Review on Natural Fibers: Extraction Process and Properties of Grass Fibers. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*. Pp : 84-91. Available from: <http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=11&IType=1>.
- [19] Boimau, K. Bale, J. Suardana, N. P. G. Lokantara, IP. 2025. Effect of Surface Treatment on Physical and Tensile Properties of Borassus Fruit Fibers. *International Journal of Biomaterials*. Vol. 2025, Issue 1/5583605. Doi : <https://doi.org/10.1155/ijbm/5583605>.
- [20] Santhiarsa, I. Kusuma, Lokantara, IP. Dwidiani. 2024. The influence of NaOH Concentration on the Mechanical Properties of Corypha Gebanga Fiber-Reinforced Composites. *Archive of Mechanical Engineering*. Available from : https://scholar.google.co.id/citations?view_op=view_citation&hl=id&user=Z2cOBHgAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=Z2cOBHgAAAAJ:tOudhMTPpwUC.
- [21] Baru, AJ. Bale, JS. Pell, YM. 2022. Analisis Kekuatan Impak Komposit Hybrid Serat Lontar dan Serat Gelas untuk Aplikasi Helm Kendaraan Bermotor. *Jurnal Fisika : Fisika Sains dan Aplikasinya* . Pp : 75-81. Doi : <https://doi.org/10.35508/fisa.v7i1.5894>.
- [22] Sulardjaka, Nugroho, Sri, Ismail, Rifky. 2020. Peningkatan Kekuatan Sifat Mekanis Komposit Serat Alam Menggunakan Serat Enceng Gondok (Tinjauan Pustaka). pp : 27-39. Available from : <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik>.
- [23] Fathurrahman, AI. Kardiman, Suci, FC. 2022. Effect Of Comparison Of Volume Fractions Of Pineapple Leaf Fiber And Banana Midrib Fiber On The Manufacturing Of Composite Materials. *TRAKSI*. Pp : 1-13. Doi : DOI: <https://dx.doi.org/10.26714/traksi.22.1.2022.1-13>.
- [24] Wibowo, MRD. Kencanawati, CIP. Lokantara IP. 2023. The Effect of Volume Fraction Variations Epoxy-Rice Straw Composite Fibers with NaOH Treatment on Tensile and Bending Strength. *Natural Sciences Engineering and Technology Journal*. Pp : 168-176. Doi : <https://doi.org/10.37275/nasetjournal.v3i1>.
- [25] Sari, HN. Suteja, Hidayatullah, Syarif, Al-farizi, FH. Lokantara, IP. 2025. Performance Evaluation of Hybrid Sisalana Agave Fiber and Carbon Powder in Polyester Composites: A Study on Mechanical, Thermal, and Microstructural Characteristics. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. Pp : 101215. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2025.101215>.
- [26] Alahmad, Hamza, Taskesen, Edip, Oguz, Ojlan. 2024. Thermal Insulation And Materials In Buildings. *Proceeding of International Future Engineering Conference (IFEC)*. Pp : 161-165. Available from : <https://www.researchgate.net/publication/377077720>.
- [27] Silvia, Widjajati, Rochmi, Apriani, IN. 2022. Analisis Sifat Mekanik dan Sifat Termal Komposit Poliuretan Berpenguat Serat Nanas Dan Cangkang Kemiri. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*. Pp : 1-7. Doi : <https://doi.org/10.30588/jeemm.v6i2.1038>.
- [28] Saputra Ardhi, Margalla, LK. Hasanuddin, La. 2022. Perancangan dan Analisis Pengujian Konduktivitas Panas Pada Tipe Material Padat. *ENTHALPY: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*. Pp : 22-27. Doi : <http://dx.doi.org/10.55679/enthalpy.v7i1.24502>.
- [29] Widodo, E., Wahyudi, S., Nugroho, A., & Raharjo, S. (2024). Comprehensive investigation of raw and NaOH alkalinized fibers: Physicochemical, mechanical, thermal, and surface properties. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 7, 100251. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2023.100251>.