



Pengaruh Perlakuan Alkalisasi KOH dan Variasi Waktu Perendaman terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat *Luffa Cylindrica*

Lucky Akbar Pangestu^{1*}, Deni Andriyansyah²

¹⁻² Sekolah Tinggi Teknologi Warga, Surakarta, Indonesia

Email: luckyakbar987@gmail.com^{1*}

Alamat: Solobaru, Jl. Raya Solo - Baki No.Km 2, Kwarasan, Kec. Grogol, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia 57552

*Penulis Korespondensi

Abstract. This study aims to investigate how variations in the soaking time of *Luffa cylindrica* fibers in alkaline solutions affect the mechanical properties and fire resistance of the resulting composite material. The use of natural fibers is an important step in finding environmentally friendly and sustainable alternatives to replace synthetic materials. *Luffa cylindrica* fibers were chosen for their advantages, such as being lightweight, strong, and abundantly available. However, natural fibers like luffa contain non-cellulose compounds, such as lignin and hemicellulose, that can hinder strong bonding with the resin matrix. Therefore, pre-treatment with an alkaline solution is necessary to remove these interfering substances. In this study, composites were made using the hand lay-up method with polyester resin as the main matrix. The treatment variable tested was the fiber soaking time in KOH solution, with three variations: 2 hours, 4 hours, and 6 hours. After the composite fabrication, the samples were tested through several standard tests, including tensile tests to measure the material's strength under tension, impact tests to assess toughness, and burn rate tests to evaluate fire resistance. Additionally, macro and micro photo analysis (using SEM if possible) will be conducted to observe fracture characteristics and the quality of the fiber-resin bond. The expected outcome is that longer alkaline soaking will significantly improve tensile strength and toughness. Furthermore, longer soaking is also expected to improve fire resistance by forming a char layer, which acts as a thermal insulator, slowing heat transfer and reducing the rate of pyrolysis.

Keywords: Alkaline Soaking; Fire Resistance; *Luffa Cylindrica* Fiber; Mechanical Properties; Polyester Resin Composite.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki bagaimana variasi waktu perendaman serat luffa cylindrica dalam larutan alkali memengaruhi sifat mekanik dan ketahanan api dari material komposit yang dihasilkan. Penggunaan serat alami merupakan langkah penting dalam mencari alternatif ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk menggantikan material sintetis. Serat luffa cylindrica dipilih karena keunggulannya yang ringan, kuat, dan tersedia melimpah. Namun, serat alami seperti luffa mengandung senyawa non-selulosa seperti lignin dan hemiselulosa yang dapat menghambat ikatan kuat dengan matriks resin. Oleh karena itu, perlakuan pendahuluan dengan larutan alkali diperlukan untuk menghilangkan zat pengganggu tersebut. Dalam penelitian ini, komposit dibuat dengan metode hand lay-up menggunakan resin poliester sebagai matriks utama. Variabel perlakuan yang diuji adalah durasi perendaman serat dalam larutan KOH, dengan tiga variasi waktu: 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Setelah pembuatan komposit, sampel diuji melalui beberapa uji standar, antara lain uji tarik untuk mengukur kekuatan material saat ditarik, uji impact untuk mengetahui ketangguhan, dan uji laju rambat bakar untuk menilai ketahanan api. Selain itu, analisis foto makro dan mikro (menggunakan SEM jika memungkinkan) akan dilakukan untuk mengamati karakteristik patahan dan kualitas ikatan antara serat dan matriks. Diharapkan hasilnya, perendaman alkali yang lebih lama akan meningkatkan kekuatan tarik dan ketangguhan komposit secara signifikan. Selain itu, perendaman yang lebih lama juga diharapkan dapat meningkatkan ketahanan api komposit dengan pembentukan lapisan arang (char) yang berfungsi sebagai isolator termal, menghambat transfer panas, dan memperlambat laju pirolisis.

Kata kunci: Ketahanan Api; Komposit Resin Poliester; Perendaman Alkali; Serat *Luffa Cylindrica*; Sifat Mekanik.

1. LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil komoditas serat alam, baik yang berasal serat tumbuhan (nabati) maupun hewani (Nurnasari & Nurindah, 2018). Indonesia mengespor serat alam dan sekaligus membutuhkan serat alam dalam jumlah besar yang dipenuhi dari import (Suparno, 2020). Serat alam ini didapatkan dari serat alami yang bersumber dari alam, bukan hasil dari manipulasi manusia. Serat alam biasanya diperoleh dari tumbuhan biasanya ada pada serat bambu, rami, nanas, pisang dan tumbuhan lain yang ada seratnya di batang dan di daun. Sedangkan serat hewan biasanya dari wool, sutra dan lain-lain (Fiore, 2020).

Serat alam memiliki berbagai aplikasi, mulai dari tekstil hingga bahan bangunan, yang menjadikannya komoditas penting dalam industri global. Permintaan akan serat alam terus meningkat seiring dengan kesadaran masyarakat akan keberlanjutan dan dampak lingkungan dari bahan sintetis. (S. Thomas, S. A. Paul, 2011)

Banyak permintaan tinggi untuk material yang baru dan ramah lingkungan mendorong para peneliti mengimprove dan mengkaji serat alam untuk mengganti benda yang terdahulu, penelitian dari serat alam berkembang sangat pesat dikarenakan serat alam banyak memiliki keunggulan dari bahan lain (Suparno, 2020). Salah satu serat alami yang menjanjikan adalah serat gambas atau blustru (*Luffa cylindrica*), tanaman ini mengandung selulosa sebanyak (60%), hemiselulosa (30%), dan lignin (10%) sebagai komponen utama struktural utama, memberikan kekuatan dan ketahanan pada serat ini (Siqueira et al., 2010).

Dibandingkan dengan serat sintetis, serat alam seperti serat gambas menawarkan sejumlah keunggulan, termasuk biaya produksi yang terjangkau, ketersediaan yang melimpah, serta sifatnya ramah lingkungan (Thyaviahalli Girijappa et al., 2019).

Serat gambas dapat di daur ulang atau terurai dengan sendirinya dan tidak butuh waktu lama dan prosesnya juga alami, sehingga dapat mengurangi dampak negatif limbah lingkungan. Potensi serat gambas ini sangat menarik dikarenakan seratnya yang ringan, tidak mudah abrasi, mudah terbakar, tidak toksik dan harga terjangkau. Hal ini dapat membuka peluang untuk mengembangkan produk-produk yang berkelanjutan dan memodifikasi lainnya (Paula et al., 2024).

Meskipun demikian, serat alam sebagai penguat masih memiliki beberapa kekurangan, kekurangan serat alam dari komposit terdapat pada sifat hidrofilik dan terbatas pada suhu serta ikatan pada serat dan matriknya sangat lemah dan mudah terdegradasi, disebabkan oleh kandungan serat alam yang komposisi strukturalnya terutama kandungan selulosa, hemiselulosa, lignin, pektin, dan zat lilin, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap

kemampuannya menyerap kelembapan. Hal ini menyebabkan melemahnya ikatan antara serat dan bahan matrik, sehingga mengurangi kekuatan pada komposit (Suriani et al., 2021).

Oleh karena itu penelitian ini mempunyai pemahaman mendalam tentang interaksi tentang serat alam dengan air untuk kepentingan pengembangan komposit berbasis serat alam. Untuk mencapai kinerja optimal dalam komposit polimer, serat alam perlu menjalani perlakuan kimia sebelum digunakan (Sood & Dwivedi, 2018).

Perlakuan ini bertujuan ganda: pertama, untuk meningkatkan kompatibilitas antara permukaan serat dan matriks polimer, sehingga menciptakan ikatan antarmuka yang kuat dan meningkatkan sifat mekanik komposit. Kedua, untuk memodifikasi sifat permukaan serat menjadi lebih hidrofobik, sehingga mengurangi risiko degradasi akibat paparan lingkungan lembab. Dengan demikian, perlakuan kimia merupakan langkah penting dalam menghasilkan komposit serat alam yang kuat, tahan lama, dan memiliki kinerja yang handal.

2. KAJIAN TEORITIS

Pengembangan dan optimalisasi serat alam sebagai media penguatan untuk material komposit terus berlanjut. Serat alam (*natural fiber*) digunakan sebagai bahan penguatan komposit alam karena memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat gelas. Diantaranya sumber seratnya dapat diperbarui, ketersediaanya melimpah di alam, murah, berbobot ringan, tidak bersifat beracun, memiliki sifat mekanik yang baik, serta cocok digunakan untuk aplikasi peredam suara dan panas (Peijs Ton, 2002).

Material komposit secara umum adalah komposit matriks polimer dan komposit matriks logam, dengan berbagai aplikasi dalam industri, rumah sakit, dan olahraga karena sifat fisik, termal, galvanik, dan mekanisnya yang luar biasa (Kalizhanova et al., 2023).

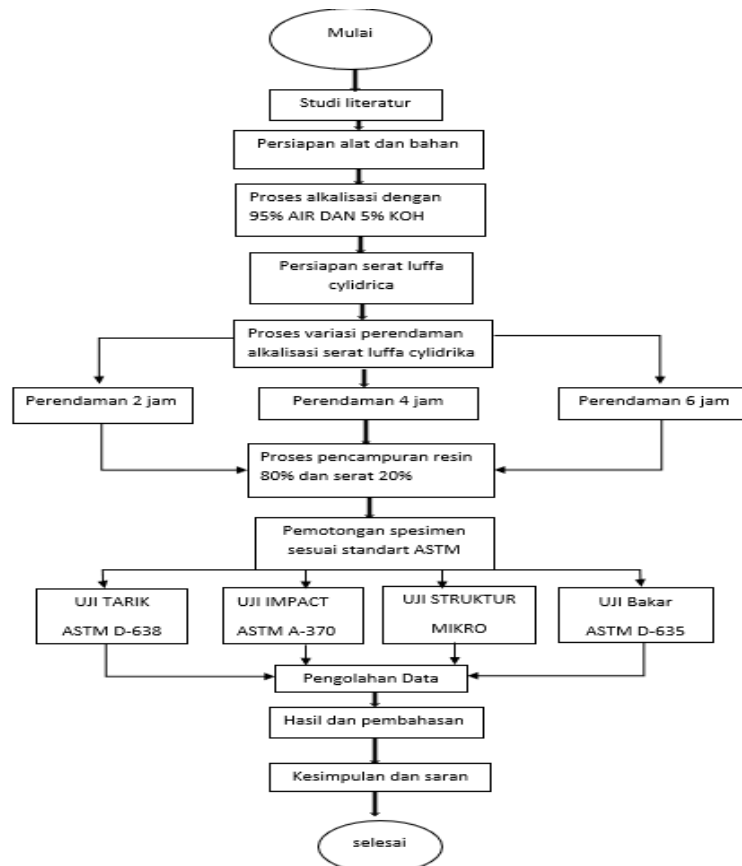
Perlakuan alkalinisasi menggunakan kalium hidroksida (KOH) dapat meningkatkan sifat mekanik serat alam dengan menghilangkan komponen non-selulosa seperti lignin dan hemiselulosa. Proses ini meningkatkan kekasaran permukaan serat, yang berkontribusi pada ikatan yang lebih baik dengan matriks polimer (Mohan et al., 2023).

Nilai kekuatan tarik tertinggi dengan perendaman 5% KOH 34,96 Mpa, untuk perendaman selama 8 jam dengan fraksi volume 10%, sedangkan nilai kekuatan terendah adalah 21,96 Mpa pada perendaman selama 6 jam dengan fraksi volume 20% HTBD. Kekuatan tarik dengan perendaman 5% koh lebih tinggi dibandingkan dengan NaOH. Karena larutan koh diklasifikasikan sebagai larutan basa kuat, kelarutannya lebih besar dibanding basa lemah dengan konsentrasi dan waktu perendaman yang sama. Relatif lebih banyak lapisan hemiselulosa dan lignin yang dapat dipecah dalam larutan, sehingga serat dapat menjadi bersih

dan lebih berpori yang dapat meningkatkan kekuatan antar permukaan serat dan matriks. (Sujita Darmo Darmo & Rudy Sutanto Sutanto, 2021).

3. METODE PENELITIAN

Tahapan proses Pengaruh perlakuan alkalisasi koh dan variasi waktu perendaman terhadap serta *luffa cylydra* seperti gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir

langkah langkah kerja dalam penelitian dimulai dari tahapan persiapan bahan, pengujian sampai dengan tahapan analisa. Adapun langkah langkah kerja penelitian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut.

Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan menelusuri berbagai referensi dan publikasi ilmiah yang berkaitan dengan topik penelitian. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk memperoleh pemahaman mengenai landasan teori yang sudah ada. Menemukan celah penelitian yang belum banyak dikaji, serta menyusun dasar teoritis yang kuat sebagai pijakan untuk penelitian selanjutnya.

Persiapan serat *Luffa cylindrica*

Serat *Luffa cylindrica* diperoleh dari salah satu petani gambas yang berada di wilayah Jawa Tengah. Sebelum dimanfaatkan sebagai spesimen serat tunggal untuk pengujian, serat utuh terlebih dahulu dipisahkan secara manual. Proses pemisahan dilakukan dengan memotong bagian *Luffa cylindrica* menjadi serpihan kecil berukuran sekitar 5 cm. Setelah proses pemotongan, serat dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 45 menit dengan tujuan menghilangkan tegangan internal pada serat. Tahapan ini merupakan bagian dari proses persiapan serat *Luffa cylindrica* sebelum masuk ke tahap pengujian berikutnya.

Variasi perlakuan alkali serat

Langkah pertama adalah menyiapkan wadah, lalu tuangkan campuran cairan KOH 5% dan air 95% ke dalamnya. Setelah itu, masukkan serat ke dalam wadah dan rendam selama waktu yang bervariasi, yaitu 2, 4, dan 6 jam. Setelah proses perendaman selesai, angkat serat dan cuci dengan air bersih hingga pH-nya netral. Setelah pH netral, letakkan serat di suhu ruangan selama 48 jam untuk mengurangi kadar airnya. Selanjutnya, oven serat *Luffa cylindrica* pada suhu 70 derajat Celsius selama 10 jam untuk menghilangkan sisa kadar air di dalam serat.

Pencampuran serat dengan resin

Sebelum mencampurkan resin ke dalam serat, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menyiapkan resin dengan menambahkan katalis dalam perbandingan 100:2. Setelah resin siap, campurkan resin tersebut dengan serat menggunakan rasio 40% resin dan 60% serat. Kemudian, tuangkan campuran ini ke dalam cetakan ASTM D-638 untuk pengujian tarik dan cetakan ASTM D 256-03 untuk pengujian tekan. Pastikan distribusi campuran dalam cetakan merata agar hasil pengujian dapat memberikan gambaran yang akurat mengenai sifat mekanik komposit yang dihasilkan.

Analisa data

Dalam penelitian yang dilakukan ini penulis menggunakan analisis data kuantitatif. Teknik data kuantitatif adalah metode yang menggunakan data sebagai dalam bentuk angka maupun statistik untuk melakukan sebuah analisis. Penelitian kuantitatif merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya adalah sistematis, terencana, dan terstruktur dengan jelas sejak awal hingga pembuatan desain penelitiannya. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya. (Suharsimi, 2010). Sehingga bisa diketahui pengaruh penggunaan alkalisasi KOH terhadap sifat mekanik komposit serat *Luffa cylidrica*. Metodologi yang terukur dan terstuktur sangat penting untuk mengetahui validasi dari hasil sebuah penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

a) Deskripsi data

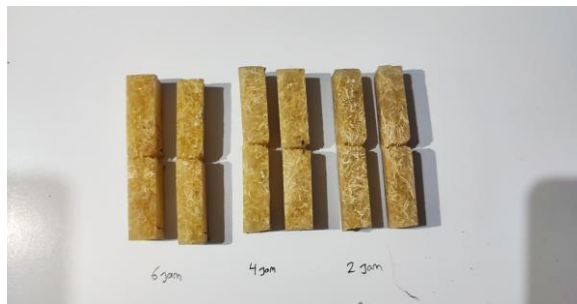
Pada data penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini adalah fraksi volume resin dan serat alam luffa cylindrica dengan persentase 80% resin dan 20% serat luffa cylindrica dengan perlakuan serat alkalisasi menggunakan koh dengan variasi waktu perendaman selama 2jam, 4jam, 6jam. Data yang diperoleh dilakukan menggunakan metode kuantitatif.

b) Pengujian impact

Hasil uji impact pada komposit resin dan serat alam Luffa cylindrica menunjukkan bahwa perbandingan antara serat dan resin serta perlakuan alkalisasi pada serat sangat memengaruhi kekuatan bahan, seperti yang terlihat pada data di gambar 3 spesimen setelah di lakukan pengujian dengan komposisi 80% resin dan 20% serat. Dalam penelitian ini, seperti gambar 1 ditunjukan spesimen komposit yang belum di potong dan gambar 2 menunjukan spesimen yang sudah di potong sesuai dengan standar ASTM D 256-03 untuk pengujian impact, dan pengujian dilakukan menggunakan alat uji impact tipe,



Gambar 2. spesimen uji impact sebelum di potong

**Gambar 3.** Spesimen Siap Uji**Gambar 4.** Spesimen Setelah Dilakukan Pengujian

kemudian setelah data uji tarik spesimen komposit serat gambas dengan menggunakan fraksi volume. Maka diketahui hasil data pengujian seperti pada tabel di bawah

Tabel 1. Variasi Alkalisasi Perendaman 2 jam

Spesimen alkalisasi (2 jam)	Berat pendulum (KG)	Panjang lengan	Sudut awal	Sudut akhir	Energi total	Tebal	lebar	Harga impact
A	10.3	0.6	90	85	5.28	0.01	0.0101	52.277
B	10.3	0.6	90	86	4.23	0.01	0.0103	41.067
Rata -rata					4.755			46.672

Tabel 1. Variasi Alkalisasi Perendaman 4 Jam

Spesimen alkalisasi (2 jam)	Berat pendulum (KG)	Panjang lengan	Sudut awal	Sudut akhir	Energi total	Tebal	lebar	Harga impact
A	10.3	0.6	90	85	5.28	0.011	0.0101	47.530
B	10.3	0.6	90	84	6.33	0.01	0.0102	62.059
Rata -rata					5,855			54,794

Tabel 2. Variasi Alkalisasi Perendaman 6 Jam

Spesimen alkalisasi (2 jam)	Berat pendulum (KG)	Panjang lengan	Sudut awal	Sudut akhir	Energi total	Tebal	lebar	Harga impact
A	10.3	0.6	90	83	7.38	0.01	0.0103	71.650
B	10.3	0.6	90	84	6.33	0.01	0.0102	62.058
Rata -rata					6.855			66.854

c) Pengujian tarik

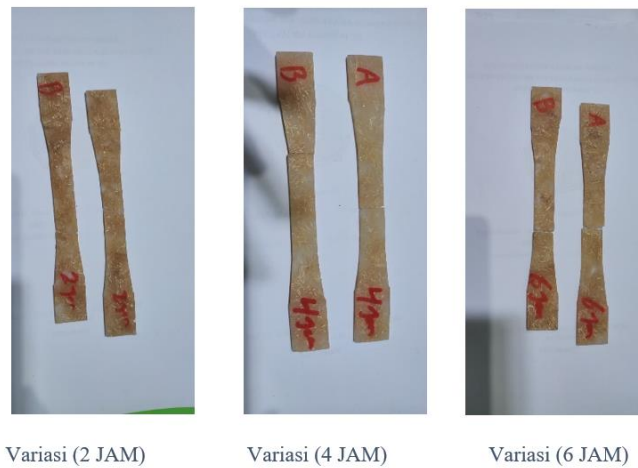
Hasil pengujian tarik pada komposite resin dan serat alam luffa cylindrica dengan perlakuan serat alkalisasi koh dengan variasi perendaman 2 jam, 4 jam, 6 jam. Dengan perbandingan 80% resin dan 20% serat luffa cylindrica. Dalam penelitian ini, spesimen komposite dibuat dengan standart ASTM D-638 untuk pengujian tarik, dan pengujian dilakukan menggunakan alat uji tarik



Gambar 5. Spesimen Uji tarik Sebelum Dipotong



Gambar 6. spesimen Siap Uji

**Gambar 7.** Spesimen Setelah Uji Tarik**Tabel 3.** Data Tegangan Hasil Uji Tarik

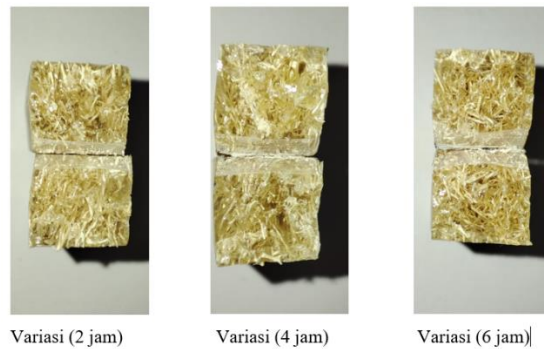
Variasi (%)	jenis	Tebal (mm)	Lebar (mm)	TxL (mm)	Rata-rata (mm)	(kN)	(N)	F/A	Rata-rata (Mpa)
2 jam	A	3.5	13.5	47.25	47,42	0.353	353	7.47	7.41
	B	3.5	13.6	47.6		0.350	350	7.35	
4 jam	A	3.4	13.5	45.9	46.71	0.601	601	13.09	13,12
	B	3.6	13.2	47.52		0.625	625	13.15	
6 jam	A	3.6	13.3	47.88	47.39	0.832	832	17.58	18.49
	B	3.5	13.4	46,9		0.910	910	19.40	

Tabel 4. Data Regangan Hasil Uji Tarik

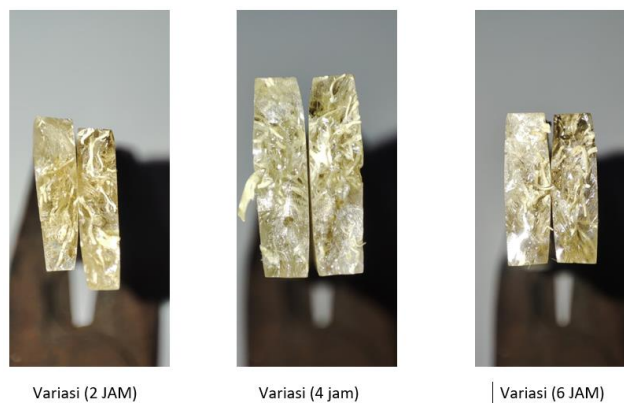
Variasi (%)	jenis	Strain (%)	Rata-rata strain (%)	Modulus elastisitas (Mpa)	Modulus elastisitas (Gpa)	Rata-rata (M0)
2 JAM	A	0.0080	0.00775	933,75	0.93	0.96
	B	0.0075		980,00	0.98	
4 JAM	A	0.0100	0.0105	1309	1.31	1.25
	B	0.0110		1195.45	1.20	
6 JAM	A	0.0180	0.0280	965,56	0.96	0.97
	B	0.0200		970.00	0.97	

d) Pengujian foto makro

Pengujian foto makro dilakukan untuk mengamati perubahan morfologi pada permukaan spesimen setelah di uji seperti gambar 8 dibawah ini menunjukkan patahan dari hasil uji impact



Gambar 8. Foto Makro Patahan Uji Impact



Gambar 9. Foto Makro Patahan Hasil Uji Tarik

e) Pengujian rambat bakar

Tujuan dilakukan Pengujian rambat bakar bertujuan untuk mengukur seberapa cepat material terbakar dan menyebarkan api. Pengujian ini krusial untuk menilai tingkat keamanan produk terkait bahaya. dapat bisa dilihat gambar 10 spesimen yang akan di uji bakar dan gambar 4.10 proses uji rambat bakar dan terakhir gambar 12 spesimen sudah dilakukan uji rambat bakar



Gambar 10. Spesimen Uji Rambat Bakar



Gambar 11. Proses Pengujian Rambut Bakar



Gambar 12. Spesimen Setelah Di Uji Bakar

Tabel 5. Waktu Nyala Pembakaran

Variasi (%)	Waktu nyala (s)
Perendaman 2 jam	4.03
Perendaman 4 jam	4.56
Perendaman 6 jam	4.65

Tabel 6. Hasil Laju Cepat Rambut

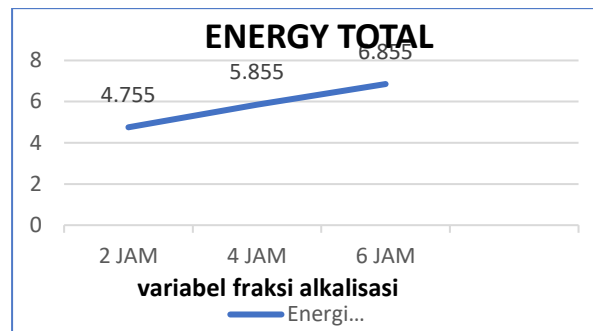
Variasi (%)	L(mm)	T (min)	Cepat rambut (mm/min)
2jam	75	4.21	17.81
4jam	75	4.45	16.85
6jam	75	4.56	16.44

Pembahasan

a) Hasil pengujian impact

a) Pengujian impact menggunakan alat Charpy Impact Tester dilakukan dengan spesimen yang diuji oleh pendulum seberat 10.3 kg dengan panjang lengan 0.6 m, yang diayunkan dari sudut awal 90°. Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya tahan material terhadap tumbukan bervariasi tergantung pada durasi perendaman serat (variasi alkalisasi). Hasil ini dapat dilihat dari tabel 4.1, 4.2, 4.3. kemudian data yang didapat antara lain Perendaman selama 2 jam

memiliki ketahanan tumbukan rata-rata 4.755 Joule, sementara perendaman 4 jam memiliki ketahanan tumbukan rata-rata 5.855 Joule, dan perendaman 6 jam memiliki ketahanan tumbukan rata-rata 6.855 Joule. Peningkatan durasi perendaman serat terbukti meningkatkan energi yang dapat diserap oleh material. Perbandingan ini dapat dilihat lebih jelas pada grafik di bawah ini.



Grafik 1. Perbandingan Energi Total Impact

Dari Grafik 1. kita bisa melihat adanya peningkatan alkalisasi seart luffa cylindrica berpengaruh terhadap kemampuan penyerapan energi benturan. Seperti grafik diatas bahwa perendaman serat alkalisasi selama 2 jam sebesar 4.755 joule, dan mengalami kenaikan pada saat perendaman serat alkalisasi selama 4 jam sebesar 5.855, kemuidian mengalami kenaikan lagi sebesar 6.855. Peningkatan energi serap ini menunjukkan bahwa semakin lama serat direndam dalam proses alkalisasi, semakin kuat daya tahan komposit terhadap benturan. Hal ini terjadi karena serat luffa cylindrica berfungsi memperkuat material inti (matriks) dengan menyerap dan menyebarkan energi benturan, menunda terjadinya retakan dan patah.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa waktu perendaman alkalisasi memberikan dampak positif pada ketahanan komposit. Dalam penelitian ini, kondisi paling optimal ditemukan pada perendaman 6 jam, yang mencapai nilai energi tumbukan tertinggi yaitu 6.855 Joule.

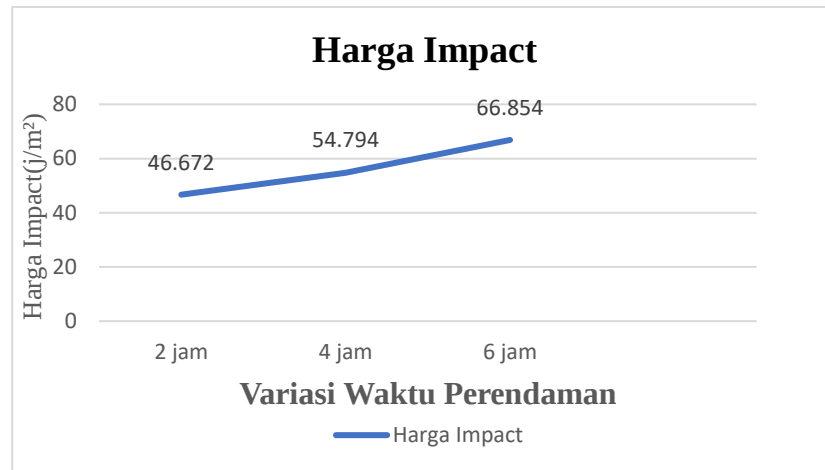
b) Hasil Perbandingan Harga Impact

Pengujian tumbukan menggunakan alat Charpy Impact Tester dilakukan dengan spesimen yang diuji oleh pendulum seberat 10.3 kg dan panjang lengan 0.6 m, yang diayunkan dari sudut awal 90°.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya tahan material terhadap tumbukan bervariasi tergantung pada durasi perendaman alkalisasi. Perendaman selama 2 jam memiliki ketahanan tumbukan rata-rata 46.672 J/m², sementara perendaman 4 jam memiliki ketahanan tumbukan

rata-rata 54.794 J/m², dan perendaman 6 jam memiliki ketahanan tumbukan rata-rata 66.854 J/m².

Peningkatan durasi perendaman terbukti meningkatkan energi yang dapat diserap oleh material, yang bisa diamati lebih lanjut pada grafik 2 dibawah ini



Grafik 2. Perbandingan Harga Impact

Berdasarkan grafik, penambahan waktu perendaman serat luffa cylindrica menggunakan larutan KOH meningkatkan kemampuan komposit untuk menyerap energi per satuan luas penampang. Peningkatan ini terlihat dari nilai harga impact yang terus naik: 46.672 J/m² pada perendaman 2 jam, 54.794 J/m² pada 4 jam, dan mencapai nilai tertinggi 66.854 J/m² pada 6 jam. Kenaikan harga impact ini menunjukkan bahwa semakin lama serat direndam, ketangguhan komposit dalam menahan benturan semakin baik. Hal ini terjadi karena larutan KOH efektif menghilangkan senyawa lignin dan semiselulosa, yang berpengaruh langsung terhadap peningkatan kekuatan serat.

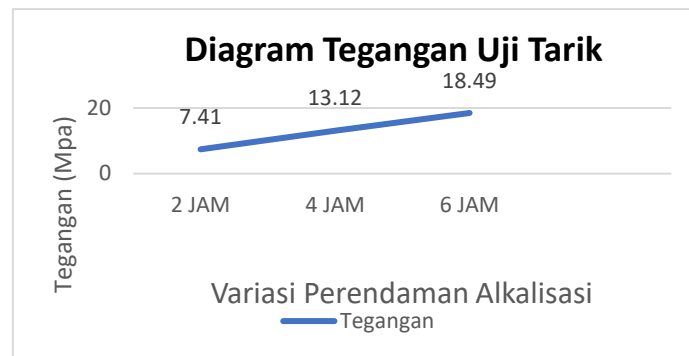
Dapat disimpulkan bahwa variasi perendaman serat luffa cylindrica berpengaruh positif terhadap harga impact komposit, dimana komposisi perendaman selama 6 jam merupakan kondisi optimal yang menghasilkan nilai ketangguhan tertinggi sebesar 66.854 J/m².

b) Hasil pengujian tarik

a) Hasil Perbandingan Tegangan Tarik

Berdasarkan Tabel 4.4, hasil uji tarik dari variasi perendaman serat luffa cylindrica menggunakan larutan KOH selama 2 jam, 4 jam, dan 6 jam menunjukkan adanya perbedaan nilai tegangan tarik.

Meskipun perbedaannya tidak terlihat perubahan yang tidak terlalu signifikan. Perbandingan hasil ini dapat dilihat lebih jelas pada grafik di bawah ini.



Grafik 3. Diagram Tegangan Uji Tarik

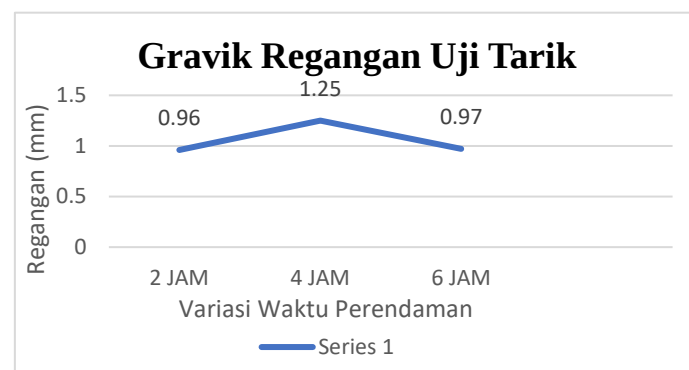
Dari grafik 3. dapat disimpulkan bahwa semakin lama perendaman serat luffa cylindrica dalam larutan KOH, semakin tinggi nilai tegangan tariknya.

Peningkatan ini terlihat dari data: perendaman 2 jam memiliki tegangan tarik terendah yaitu 7.41 MPa, sementara perendaman 6 jam menunjukkan nilai tertinggi yaitu 18.49 MPa. Hasil ini membuktikan bahwa proses perendaman alkalisasi memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan kekuatan tarik komposit.

b) Hasil perbandingan regangan tarik

Gambar 6 menyajikan hasil uji regangan tarik untuk spesimen serat luffa cylindrica. Grafik ini secara khusus membandingkan perilaku regangan material dengan variasi waktu perendaman alkalisasi selama 2 jam, 4 jam, dan 6 jam.

Data dari grafik tersebut menunjukkan bagaimana perubahan panjang material saat ditarik, dan hal ini mencerminkan sifat elastisitas serta keuletan material tersebut. Semakin tinggi nilai regangan yang dicapai, semakin lentur atau ulet materialnya.



Grafik 4. Regangan Uji Tarik

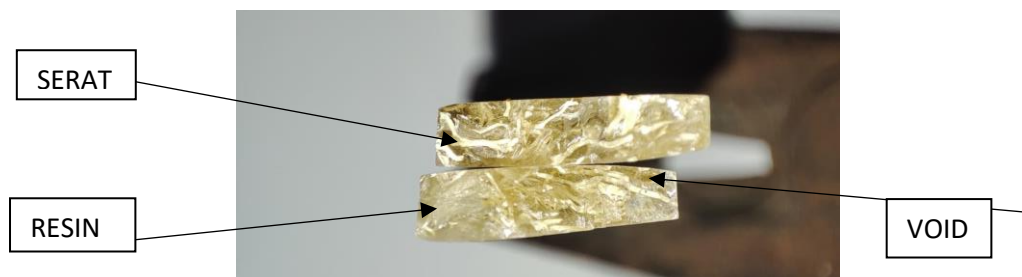
Berdasarkan grafik, dapat disimpulkan bahwa perendaman serat luffa cylindrica dalam larutan KOH paling optimal pada perendaman 4 jam dengan nilai regangan sebesar 1.25 M0. Sedangkan nilai regangan terendah berada pada perendaman 2 jam, yaitu sebesar 0.96 M0.

Meskipun pada perendaman 6 jam nilai regangannya menurun menjadi 0.97 M0, secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa variasi waktu perendaman alkalisasi memengaruhi nilai regangan tarik.

c) Hasil pengujian foto makro

a) Hasil foto makro dari spesimen uji tarik

Observasi struktur makro ini bertujuan untuk melihat bagaimana spesimen uji tarik patah. Gambar 13 menampilkan hasil patahan spesimen di alkalisasi selama 2 jam dengan cairan KOH yang merupakan salah satu dari variasi waktu perendaman yang diuji.



Gambar 13. Foto mikro spesimen uji tarik (2 jam)

Peningkatan ketahanan komposit sangat dipengaruhi oleh proses perendaman alkalisasi menggunakan larutan KOH.

Pada foto makro, terlihat bahwa patahan pada spesimen yang direndam selama 2 jam didominasi oleh resin, yang menunjukkan material bersifat getas. Hal ini disebabkan oleh ikatan yang kurang optimal antara serat dan matriks. Energi benturan lebih banyak diserap oleh matriks yang rapuh, bukan oleh serat, sehingga spesimen mudah patah dan menghasilkan nilai uji tarik yang rendah.

Namun, foto makro menunjukkan bahwa semakin lama perendaman dengan KOH, ikatan antara serat dan matriks semakin kuat. Ini membantu serat untuk menyerap dan menyebarkan energi benturan secara efektif, sehingga meningkatkan ketangguhan komposit. gambar 14 struktur patahan lebih baik daripada gambar diatas.



Gambar 14. foto mikro spesimen uji tarik (4 JAM)

Dibandingkan dengan gambar 13 yaitu spesimen perendaman 2 jam, hasil patahan pada spesimen yang direndam 4 jam terlihat lebih baik karena tidak terpotong rata. Meskipun demikian, spesimen ini masih memiliki lubang-lubang kecil (voids) yang disebabkan oleh ketidakmampuan peneliti untuk menggunakan alat vakum saat proses pencetakan. Kemudian gambar 14 adalah spesimen yang paling tinggi tegangan dan regangannya dikarenakan perendaman paling lama selama 6 jam. Tapi harus diteliti lagi apakah batas maksimal perendaman 6 jam atau lebih



Gambar 15. Foto makro spesimen (6 jam)

Gambar 15 menunjukkan bahwa pada bagian patahan, terdapat serat-serat yang tercabut dari matriksnya (fiber pull-out). Ini adalah indikasi positif bahwa sebelum patah, serat dan matriks memiliki ikatan yang kuat. Ikatan yang kuat ini memungkinkan serat untuk menahan dan mendistribusikan beban secara efektif, sehingga memberikan kontribusi signifikan terhadap kekuatan keseluruhan spesimen.

b) Hasil foto makro dar spesimen Uij Impact

Pengujian foto makro dilakukan dengan spesimen patahan uji impact dengan spesimen alkalisasi KOH selama 2 jam, gambar 16 menunjukan spesimen patahanya



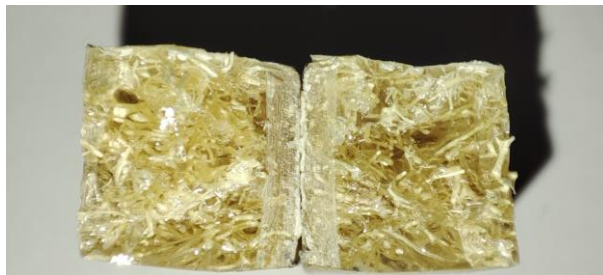
Gambar 16. Spesimen patahan variasi perendaman 2 jam

Permukaan patahan spesimen yang direndam selama 2 jam terlihat lebih halus karena penyerapan energi benturan yang relatif rendah. Hal ini disebabkan oleh lapisan lignin dan hemiselulosa yang belum sepenuhnya hilang, sehingga ikatan antara serat dan matriks tidak optimal.



Gambar 17. Spesimen patahan variasi perendaman 4 jam

Permukaan patahan spesimen yang direndam selama 6 jam terlihat lebih kasar dibandingkan dengan yang direndam selama 2 jam. Hal ini disebabkan oleh proses perendaman yang efektif menghilangkan lignin dan hemiselulosa. Dengan hilangnya senyawa-senyawa tersebut, serat dan resin dapat menyatu lebih kuat, yang pada akhirnya membuat material mampu menyerap energi benturan dengan lebih baik.

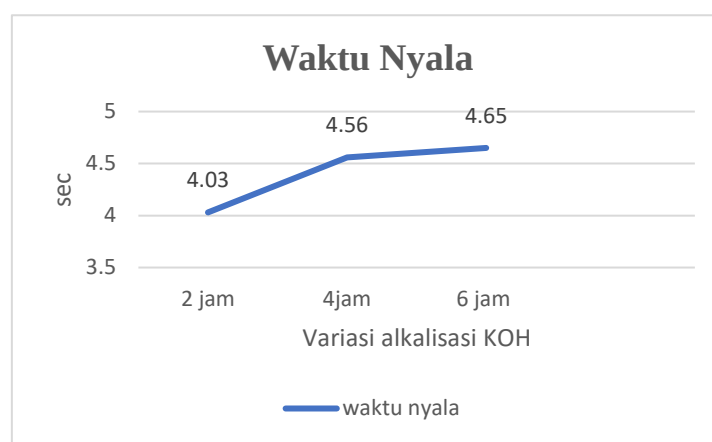


Gambar 18. Spesimen patahan variasi Alkalisasi KOH 6 jam

Pada spesimen yang direndam selama 6 jam (seperti yang terlihat pada Gambar 17), patahan memiliki tekstur yang kasar dan tidak beraturan. Hal ini menunjukkan bahwa banyak serat yang ikut tertarik keluar atau putus selama pengujian. Kondisi ini membuktikan bahwa perendaman yang lebih lama menghasilkan ikatan yang lebih baik antara serat dan matriks. Data ini konsisten dengan hasil pengujian 2 jam, 4 jam, dan 6 jam yang menunjukkan peningkatan kekuatan secara berurutan, sehingga membuktikan bahwa waktu perendaman yang lebih lama memberikan hasil yang optimal.

d) Hasil Pengujian Rambat Bakar

a) Hasil perbandingan waktu nyala



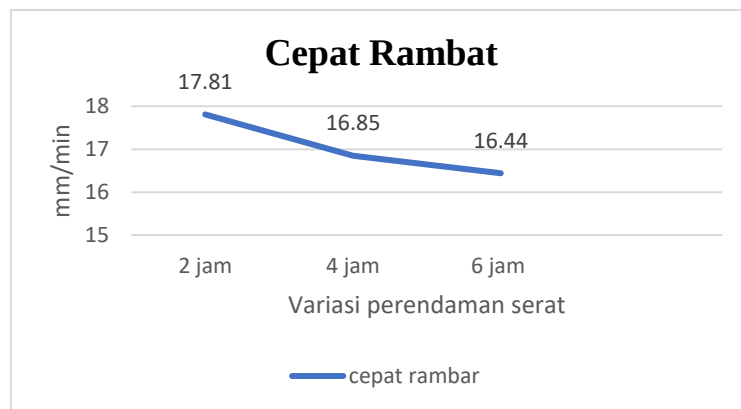
Gambar 1. Hasil pengujian waktu nyala

Berdasarkan grafik hubungan antara perendaman serat luffa cylindrica dengan waktu perendaman, dapat disimpulkan bahwa perendaman serat secara signifikan meningkatkan ketahanan komposit terhadap api. Semakin lama waktu perendaman, semakin baik ketahanan api material.

Peningkatan waktu penyalaan terlihat dari data: perendaman 2 jam memiliki waktu penyalaan 4.03 detik, perendaman 4 jam memiliki waktu penyalaan 4.56 detik, dan perendaman 6 jam memiliki waktu penyalaan tertinggi, yaitu 4.65 detik.

Fenomena ini disebabkan oleh sifat serat lignoselulosa yang dapat membentuk lapisan arang saat terpapar panas. Lapisan arang ini berfungsi sebagai insulator, yang memperlambat transfer panas dan menghambat laju pirolisis material. Hasil ini sejalan dengan temuan uji kekuatan mekanik yang menunjukkan bahwa perendaman alkalisasi tidak hanya meningkatkan performa mekanik, tetapi juga secara simultan meningkatkan ketahanan api komposit.

b) Hasil Perbandingan Rate of Burning



Gambar 2. Hasil pengujian cepat rambat

Grafik ini menunjukkan hubungan antara variasi waktu perendaman serat dengan cepat rambat api. Terlihat bahwa ada tren penurunan cepat rambat api seiring dengan bertambahnya waktu perendaman serat. Pada perendaman 2 jam, cepat rambatnya adalah 17.81 mm/menit. Nilai ini menurun menjadi 16.85 mm/menit pada perendaman 4 jam, dan menurun lagi menjadi 16.44 mm/menit pada perendaman 6 jam.

Ini mengindikasikan bahwa perendaman serat yang lebih lama dapat meningkatkan ketahanan api material komposit, membuatnya lebih lambat terbakar.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dengan uji tarik, uji impact, uji foto makro, dan uji laju rambat bakar pada komposit serat luffa cylindrica yang direndam dengan variasi waktu 2 jam, 4 jam, dan 6 jam, dengan cairan KOH dapat disimpulkan seperti di bawah ini:

a) Dari beberapa data hasil uji tarik dapat disimpulkan Semakin lama serat luffa direndam dalam larutan alkali, semakin kuat komposit yang dihasilkan. Spesimen yang direndam selama 6 jam menunjukkan kekuatan tertinggi dengan nilai tegangan tarik maksimum, sedangkan spesimen yang direndam selama 2 jam adalah yang terlemah.

Peningkatan kekuatan ini terjadi karena proses perendaman alkali efektif dalam membersihkan serat, yang memungkinkan serat dan matriks (resin) untuk berikatan lebih kuat. Ikatan yang kuat ini membuat material lebih tahan saat diberi beban tarik. Dengan kata lain, perlakuan alkali sangat berperan penting dalam meningkatkan kualitas dan kekuatan komposit serat luffa.

- b) Dalam pengujian impact menggunakan alat Charpy Impact Tester, terbukti bahwa semakin lama serat direndam dalam proses alkalisasi, semakin tangguh material komposit yang dihasilkan. Peningkatan ketangguhan ini terlihat dari data yang konsisten: perendaman 2 jam menghasilkan energi tumbukan rata-rata 4.755 Joule, perendaman 4 jam meningkat menjadi 5.855 Joule, dan perendaman 6 jam mencapai nilai tertinggi di 6.855 Joule. Peningkatan ini terjadi karena larutan alkali efektif menghilangkan lignin dan hemiselulosa dari serat, yang memungkinkan serat dan matriks (bahan pengikat) untuk berikatan lebih kuat. Ikatan yang solid ini memungkinkan material menyerap dan menyebarkan energi benturan lebih baik, sehingga meningkatkan ketahanannya terhadap patah.
- c) Perendaman serat selama 6 jam menghasilkan tegangan tarik dan ketahanan impact tertinggi karena proses alkalisasi efektif menghilangkan zat lignin dan hemiselulosa. Penghilangan zat ini menciptakan ikatan yang lebih kuat antara serat dan matriks (bahan pengikat). Kekuatan ikatan ini terlihat jelas pada foto makro, di mana patahan spesimen 6 jam tampak kasar dan tidak rata dengan banyak serat yang tercabut (fiber pull-out). Hal ini menunjukkan bahwa material mampu menyerap energi lebih banyak sebelum patah.
- d) Dalam pengujian laju rambat bakar, terbukti bahwa perendaman serat luffa cylindrica secara signifikan meningkatkan ketahanan komposit terhadap api. Semakin lama waktu perendaman, material menjadi lebih tahan api. Hal ini terlihat dari data yang menunjukkan bahwa perendaman selama 6 jam menghasilkan waktu penyalaan tertinggi (4.65 detik) dan laju rambat bakar paling lambat (16.44 mm/menit), sedangkan perendaman 2 jam memiliki waktu penyalaan terendah (4.03 detik) dan laju rambat bakar tercepat (17.81 mm/menit). Peningkatan ini disebabkan oleh kemampuan serat untuk membentuk lapisan arang (char) saat terpapar panas, yang berfungsi sebagai pelindung untuk memperlambat penyebaran api dan menghambat transfer panas.

Saran

Untuk mengembangkan penelitian variasi alkalisasi perendaman serat luffa cylindrica, maka penulis memberi saran sebagai berikut:

- (1) Menambahkan variasi waktu perendaman alkalisasi serat yang berbeda.
- (2) Pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pengujian yang sangat teliti seperti menggunakan alat uji SEM atau yang lain.
- (3) Dalam proses pembuatan spesimen lebih disarankan menggunakan vakum guna menghindari cacat yang tidak diinginkan.

DAFTAR REFERENSI

- Ali, M. Y. (2022). Analisis kekuatan uji impact komposit serat alam (Serat Batang Pisang). *Jurnal Teknologi*, 23(1), 35–38.
- Fiore, V. (2020). Natural fibres and their composites. *Polymers*, 12(10), 1–3. <https://doi.org/10.3390/polym12102380>
- Garcia, A. R., Filipe, S. B., Fernandes, C., Estevão, C., & Ramos, G. (n.d.). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title.
- Kalizhanova, A., Kozbakova, A., Eralieva, B., Kunelbayev, M., & Aitkulov, Z. (2023). Research and analysis of the properties of composite materials. Definition and classification of composite materials. *Вестник Казатк*, 128(5), 131–140. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2023-128-5-131-140>
- Mohan, A., Priya, R. K., Arunachalam, K. P., Avudaiappan, S., Maureira-Carsalade, N., & Roco-Videla, A. (2023). Investigating the mechanical, thermal, and crystalline properties of raw and potassium hydroxide treated Butea Parviflora fibers for green polymer composites. *Polymers*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/polym15173522>
- Nurnasari, E., & Nurindah, N. (2018). Karakteristik kimia serat buah, serat batang, dan serat daun. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 9(2), 64. <https://doi.org/10.21082/btsm.v9n2.2017.64-72>
- Paula, E. A. de O., Melo, R. R. de, Albuquerque, F. B. de, Silva, F. M. da, Scatolino, M. V., Pimenta, A. S., Paula, E. A. de O., Pedrosa, T. D., Vieira, R. A. da S., & Rodolfo Junior, F. (2024). Does the layer configuration of loofah (*Luffa cylindrica*) affect the mechanical properties of polymeric composites? *Journal of Composites Science*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/jcs8060223>
- Peijs, T. (2002). Composites turn green. *E-Polymers*, May, 1–12. https://www.researchgate.net/publication/285057709_Composites_turn_green
- Chen, Q., Shi, Q., Gorb, S. N., & Z. L. (2014). Bahan seluler yang sering ditemukan dalam sistem biologis menunjukkan sifat mekanik yang sangat baik pada densitas yang sangat rendah. Spons *Luffa* adalah salah satu bahan tersebut dengan struktur poros yang saling terhubung secara kompleks. *Pubmed, serat luffa cylindrica, Biological material; Biomimetics; Cellular material*. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.02.010>
- Thomas, S., Paul, A., L. A. P., & B. D. (2011). Serat alam memiliki berbagai aplikasi, mulai dari tekstil hingga bahan bangunan, yang menjadikannya komoditas penting dalam industri global. *Natural Fibres: Structure, Properties and Applications*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-17370-7_1
- Siqueira, G., Bras, J., & Dufresne, A. (2010). *Luffa cylindrica* as a lignocellulosic source of fiber, microfibrillated cellulose, and cellulose nanocrystals. *BioResources*, 5(2), 727–740. <https://doi.org/10.15376/biores.5.2.727-740>
- Sood, M., & Dwivedi, G. (2018). Effect of fiber treatment on flexural properties of natural fiber reinforced composites: A review. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 775–783. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.11.005>

- Suharsimi, A. (2010). *Prosedur penelitian* (2nd ed., pp. 211–213).
- Darmo, S., & Sutanto, R. (2021). Study of tensile strength and morphology of polyester matrix composite materials reinforced Hibiscus tiliaceus bark powder as raw material of rear bumper vehicle. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, 7(1), 085–090. <https://doi.org/10.30574/gjeta.2021.7.1.0056>
- Sundari, E., Putri, F., & Budiman, A. (2023). Analisa pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat mekanik komposit berpenguat serat buah kelapa sawit. *Machinery Jurnal Teknologi Terapan*, 4(2), 2723–3359.
- Suparno, O. (2020). Potensi dan masa depan serat alam Indonesia sebagai bahan baku aneka industri. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(2), 221–227. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2020.30.2.221>
- Suriani, M. J., Rapi, H. Z., Ilyas, R. A., Petru, M., & Sapuan, S. M. (2021). Delamination and manufacturing defects in natural fiber-reinforced hybrid composite: A review. *Polymers*, 13(8), 1–24. <https://doi.org/10.3390/polym13081323>
- Girijappa, T., Rangappa, M. S., Parameswaranpillai, J., & Siengchin, S. (2019). Natural fibers as sustainable and renewable resource for development of eco-friendly composites: A comprehensive review. *Frontiers in Materials*, 6(September), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmats.2019.00226>