

Potensi Kulit Kayu Sebagai Sumber Serat Alam untuk Penguat pada Biokomposit yang Ramah Lingkungan dan Terbarukan: Artikel Review

Yoan Perima*, Rahmat Iman Mainil

Teknik Mesin Pasca Sarjana Universitas Riau

Jl. HR. Soebrantas Panam Simpang Baru, Pekanbaru - Riau

E-mail: yoanprimanusantara@gmail.com*

Abstract

The increasing awareness of environmental issues has influenced the use of eco-friendly materials, one of which is the use of natural fibers in biocomposites. Plant fibers are one of the sources of natural fibers that can be used as reinforcement in polymer matrix composites. Various studies have been conducted on many types of plants to explore sources of natural fibers. One natural fiber that has potential as a reinforcement in biocomposites is fiber from bark. In terms of physical and chemical properties, bark fibers can meet the criteria for reinforcement in polymer matrix composites. The tensile strength of single fibers from various types of bark ranges from 243.94 MPa to 1608 MPa. When compared to other natural fibers, such as ramie fiber with a tensile strength of 408 MPa and areca palm petiole fiber with 104.12 MPa, it can be concluded that bark fibers are equivalent to or even stronger than several other types of natural fibers. This review aims to provide background and information about the potential of bark fibers through several characterizations and tests, allowing for conclusions to be drawn regarding the feasibility of bark fibers as reinforcement in polymer matrix composites.

Keywords: Characterization, Biocomposite, Bark Fiber, Natural Fiber, Composite Reinforced

Abstrak

Peningkatan kesadaran lingkungan telah memberi pengaruh terhadap penggunaan material yang ramah lingkungan, salah satunya adalah penggunaan serat alam pada biokomposit. Serat dari tanaman merupakan salah satu sumber serat alam yang dapat digunakan sebagai penguat pada komposit matrik polimer. Berbagai penelitian telah dilakukan pada banyak jenis tanaman untuk mengeksplorasi sumber serat alam. Salah satu serat alam yang memiliki potensi sebagai penguat pada biokomposit adalah serat dari kulit kayu. Dari segi sifat fisik dan kimia, serat kulit kayu dapat memenuhi kriteria sebagai penguat pada komposit matrik polimer. Kekuatan tarik serat tunggal dari berbagai kulit kayu berkisar antara 243,94 Mpa hingga 1608 Mpa, Jika dibandingkan dengan serat alam lain seperti serat rami yang memiliki kekuatan tarik 408 Mpa dan Serat pelepah aren 104.12 Mpa dapat disimpulkan bahwa serat kulit kayu setara bahkan bisa lebih kuat dari beberapa jenis serat alam lainnya. Review ini bertujuan memberikan latar belakang dan informasi tentang potensi serat kulit kayu melalui beberapa karakterisasi dan pengujian sehingga dapat ditarik kesimpulan tentang kelayakan serat dari kulit kayu sebagai penguat pada komposit matrik polimer.

Kata kunci: Karakterisasi, Komposit Alami, Serat Kulit Kayu, Serat Alam, Penguat Komposit

1. Pendahuluan

Kepedulian dan kesadaran terhadap lingkungan telah mendorong penggunaan material yang ramah lingkungan dan terbarukan dalam berbagai aspek, termasuk penggunaan serat alam sebagai penguat pada komposit [1], [2]. Serat alam dari tumbuhan merupakan alternatif material penguat pada komposit yang jauh lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan serat sintesis [3]. Penggunaan serat alam

sebagai penguat pada komposit memiliki kelebihan seperti ketersediaan yang cukup, biodegradable, dan biaya yang relative rendah [4]. Berbagai penelitian telah banyak dilakukan dan menekankan pentingnya pengembangan komposit yang menggunakan serat alami untuk meminimalkan dampak lingkungan dan menghasilkan material yang ekonomis [5].

Berbagai penelitian telah dilakukan dalam memanfaatkan potensi serat alam pada berbagai industri, termasuk industri otomotif sebagai

material yang ramah lingkungan, namun tidak mengabaikan kebutuhan teknis seperti kekuatan maupun sifat fisik lainnya sebagai material pengganti logam [6]. Komposit serat alam pada dunia otomotif memberikan kontribusi terhadap penurunan bobot kendaraan, sehingga menghemat bahan bakar dan mengurangi emisi karbon[7].

Salah satu potensi serat alam yang mendapatkan perhatian adalah serat yang berasal dari kulit kayu, serat dari kulit kayu memiliki kandungan selulosa dan indeks kristalinitas yang tinggi serta stabilitas termal yang cukup baik setelah mendapatkan perlakuan kimia, sehingga memiliki potensi yang cukup sebagai penguat komposit [8].

Pemanfaatan serat kulit kayu sebagai penguat untuk material komposit telah banyak diteliti dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, salah satunya adalah sebagai komponen otomotif. salah satu komponen otomotif yang dapat menggunakan komposit serat kulit kayu adalah komponen interior seperti dashboar dan panel pintu pada mobil [9].

Salah satu jenis kulit kayu yang telah diteliti dan dimanfaatkan untuk penguat komposit pada komponen interior mobil adalah jenis kayu *Ceiba pentandra*. Komposit dengan penguat serat kulit kayu *ceiba patandra* jika dilihat dari mechanical propertiesnya sudah dapat memenuhi persyaratan mekanis untuk interior mobil, yang mana komposit kulit kayu petandra memiliki kekuatan tarik terbaik dengan komposisi serat 20% mencapai 85,92 Mpa dan kekuatan impak 32,01 kJ/m². sehingga dapat memenuhi syarat izin mechanical properties untuk interior mobil dengan nilai minimal 20mpa untuk kekuatan tariknya[10].

Pemanfaatan serat alam sebagai penguat pada matrik polimer memiliki beberapa tantangan, seperti komposisi kimia serat, adhesi antara serat dan matriks serta ketidak seragaman kekuatan tarik pada serat. Yang mana hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sifat tanaman, lokasi tumbuh serta metode pengolahan serat [11], [12]. Namun, berbagai metode dilakukan untuk memaksimalkan sifat fisik serat, salah satunya adalah perlakuan kimia terhadap serat [13].

Secara spesifik pemanfaatan serat kulit kayu sebagai penguat pada komposit memiliki tantangan pada sifat adhesinya yang mempengaruhi ikatan antar muka antara matriks dan penguat sehingga mempengaruhi kinerja dari komposit pada hasil akhirnya. Serta kekuatan komposit dari serat kulit kayu juga dipengaruhi oleh kandungan lignin yang tinggi pada serat yang akan memberikan efek negatif terhadap kekuatan komposit [14].

2. Metodologi

2.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Langkah penelitian

Penelitian dimulai dengan mencari artikel yang terkait dengan potensi serat dari kulit kayu sebagai penguat pada komposit matrik polimer. Selanjutnya dilakukan tinjauan terhadap artikel tersebut, sehingga dapat ditarik kesimpulan tentang metode ekstraksi dan alkalisasi serat, karakteristik serat dan karakteristik komposit dengan penguat berbagai jenis kulit kayu.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Metode Ekstraksi Dan Alkalisasi Serat Kulit Kayu

3.1.1. Ekstraksi Kulit Kayu

Metode ekstraksi pada kulit kayu untuk mendapatkan serat dilakukan dengan metode degradasi mikroba dengan perendaman selama 5 sampai 20 hari, baik dengan air maupun dengan lumpur [15]. Kayu yang telah direndam kemudian kulitnya dikelupaskan dan dicuci lalu dikeringkan dengan dijemur atau menggunakan oven sehingga mencapai kadar air $\pm 30\%$ [16]. Setelah kering kemudian serat dipisahkan dengan bermacam metode, salah satunya dengan menggunakan sisir besi [4]. Setelah serat dari kulit kayu didapat, kemudian dilanjutkan dengan proses alkalisasi.

3.1.2. Perlakuan Kimia Serat (Alkalisasi)

Perlakuan kimia pada serat alam kususnya serat dari kulit kayu dilakukan untuk melepaskan

komponen non selulosa seperti lignin dan hemiselulosa yang bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat mekanis dan fisik serat [17].

Proses alkalisasi bertujuan untuk meningkatkan kualitas mekanik dan adesi serat dengan melepaskan lignin dan hemiselulosa pada serat sehingga meningkatkan kandungan selulosa. Peningkatan kandungan selulosa memberi pengaruh ikatan antar muka serat dan matrik menjadi lebih baik, sehingga pada hasil akhir meningkatkan kekuatan mekanik komposit secara keseluruhan. Serta proses alkalisasi juga dapat meningkatkan stabilitas termal serat, sehingga komposit dapat diaplikasikan pada kondisi termal yang tinggi. Perlakuan alkalisasi pada serat juga dapat mengurangi kelembapan serat sehingga meningkatkan ikatan antara serat dan matrik serta peningkatan stabilitas termal serat [11].

Namun ada beberapa jenis kulit kayu memiliki kandungan selulosa yang tinggi, sehingga tanpa perlakuan kimia sudah dapat dimanfaatkan sebagai sumber serat yang memadai dari sifat fisik dan mekaniknya, seperti kulit kayu *Sirisha* yang memiliki kandungan selulosa 68,23% serta Indeks kristalinitas sebesar 65,71% [18].

Salah satu metode perlakuan kimia yang paling sering diterapkan dari beberapa penelitian adalah dengan perendaman serat pada larutan NaOH dengan konsentrasi dan waktu tertentu [19]. Berikut tabel konsentrasi NaOH dan waktu perendaman dengan hasil yang terbaik dari beberapa jenis kulit kayu yang sudah diteliti:

Tabel 1.
Konsentrasi NaOH Perlakuan Alkalisasi

Kulit Kayu	Konsentrasi Larutan	Waktu Perendaman
<i>Dichrostachys Cinerea</i>	5%	90 Menit[4]
<i>Timoha</i>	9%	120 Menit[16]
<i>Muntingia Calabura</i>	5%	120 Menit[19]
<i>Neuropeltis acuminata</i>	5%	24 jam[17]
<i>Hibiscus Tiliaceus</i>	6%	120 Menit[20]
<i>Ficus Macrocarpa</i>	5%	240 Menit[21]
<i>Sterculia Urens</i>	5%	120 Menit[22]
<i>Pentandra</i>	5%	60 Menit[10]

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa selain konsentrasi NaOH, waktu perendaman serat juga menjadi penentu pada hasil akhir komposisi

selulosa serat. Perendaman serat pada larutan NaOH harus tepat secara komposisi dan waktu perendamannya, waktu perendaman yang terlalu lama dapat membuat selulosa ikut terdegradasi bersama dengan lignin dan hemiselulosa.

3.2. Karakteristik Serat Kulit Kayu

Untuk mengetahui kelayakan teknis dari serat kulit kayu agar dapat digunakan sebagai penguat pada komposit di berbagai aplikasi, maka dilakukan karakterisasi serat yang menyeluruh seperti komposisi kimia serat, density serat, kekuatan tarik, indeks kristalinitas, gugus fungsi serat, morfologi serat dan stabilitas termal serat [23].

3.2.1. Komposisi kimia serat

Komponen utama serat alam adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin [4]. komposisi kimia serat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti jenis tanaman, tempat tumbuh, bagian dari tanaman, usia tanaman serta proses ekstraksi dan alkalisasi[11]. Kandungan selulosa yang tinggi memberikan sifat fisik dan mekanis yang baik bagi serat dan komposit [24]. Kandungan selulosa dari beberapa kulit kayu setelah mendapatkan perlakuan kimia ditampilkan di tabel berikut:

Tabel 2.
Kandungan Selulosa Kulit Kayu

Jenis Kayu	Kandungan Selulosa Sebelum perlakuan kimia (% berat)	Kandungan Selulosa setelah perlakuan kimia (% berat)
<i>Dichrostachys Cinerea</i>	72,4 %	78,4 % [25]
<i>Timoho</i>	37 %	42.75 % [16]
<i>Muntingia Calabura</i>	41,5 %	54,7 % [19]
<i>Ficus Macrocarpa</i>	48.4 %	59.7 % [21]
<i>Acacia planifrons</i>	73.1%	79.13% [26]

Dari tabel 2 dapat disimpulkan bahwa kandungan selulosa akan meningkat setelah mendapatkan perlakuan kimia seiring dengan penurunan komposisi lignin dan hemiselulosa pada serat.

3.2.2. Densiti Serat

Secara umum density serat adalah ukuran masa per volume, density serat dapat berpengaruh terhadap sifat fisik dari serat [27]. Densitas serat memberikan pengaruh terhadap

produk akhir dari komposit, terutama pemanfaatan komposit pada struktur ringan, material komposit diharapkan memiliki bobot ringan namun memiliki kekuatan yang bagus [15].

Metode yang umum digunakan dalam penghitungan densiti serat adalah metode pycnometer dengan standart pengukuran ASTM D2320 dengan persamaan sebagai berikut: [17].

$$\rho = \rho_t \frac{m_2 - m_0}{(m_1 - m_0) - (m_3 - m_2)} \quad (1)$$

Keterangan:

- m_0 : Berat kosong piknometer
 m_1 : Berat pikno dengan toulena pada temperatur kamar
 m_2 : Berat pikno dengan serat
 m_3 : Berat pikno dengan serat dan toulena

Berikut beberapa densiti dari serat alam yang berasal dari kulit kayu

Tabel 2.
Density Serat Dari Kulit Kayu

Kulit Kayu	Density kg/m ³
<i>Acacia concinna</i>	1365 kg/m ³ [1]
<i>Acacia nilotica l</i>	1165 kg/m ³ [27]
<i>Acacia caesia</i>	1200 kg/m ³ [28]
<i>Piliostigma racemosa</i>	1371 kg/m ³ [24]
<i>Acacia leucophloea</i>	1385 kg/m ³ [29]
<i>Acacia planifrons</i>	660 kg/m ³ [30]
<i>Dichrostachys cinerea</i>	1240 kg/m ³ [25]

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa serat alam khususnya serat dari kulit kayu memiliki densiti yang lebih rendah dari serat kaca dan serat karbon, dimana serat kaca memiliki densiti 2400 kg/m³ dan serat karbon memiliki densiti 1750 kg/m³. dengan densiti serat dari kulit kayu yang rendah, jika diaplikasikan pada komponen otomotif hal ini tentu akan memberikan kontribusi yang positif terhadap penurunan berat kendaraan.

3.2.3. Kekuatan Tarik Serat Tunggal

Tegangan tarik adalah kapasitas serat menahan beban tarik sebelum mengalami kegagalan, tegangan tarik pada serat merupakan indikator terhadap kinerja aplikasi serat pada komposit [31]. Tegangan tarik serat tunggal dipengaruhi oleh komposisi kimia serat dan proses alkalisasi, kandungan selulosa yang tinggi

memberikan pengaruh positif terhadap kekuatan tarik terhadap serat tunggal dari serat alam khususnya serat dari kulit kayu [32]. Standar yang digunakan dalam pengujian tegangan tarik serat tunggal adalah ASTM D3379-75 [16].

Dari beberapa hasil penelitian memperlihatkan bahwa tegangan tarik serat tunggal kulit kayu memiliki potensi sebagai penguat pada komposit. Berikut tabel beberapa jenis kulit kayu dan tegangan tarik serat tunggalnya:

Tabel 3.
Tegangan Tarik Serat Tunggal

Kulit Kayu	Tegangan Tarik Serat Tunggal
<i>Ceiba pentandra</i>	673 ± 14 MPa [31]
<i>Acacia leucophloea</i>	1608 MPa [29]
<i>Thespesia populnea</i>	557 MPa [32]
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	243,94 MPa [20]
<i>Cissus vitiginea</i>	315.47 ± 38 MPa [15]
<i>Dichrostachys cinerea</i>	855 MPa [4]
<i>Timoho</i>	454.75 MPa [16]

3.2.4. Indeks Kristalinitas Serat

Indeks kristalin merupakan indikator yang menunjukkan jumlah struktur kristal dalam serat dibandingkan dengan struktur non kristal (amorf) [33]. Indeks kristalin yang tinggi pada serat akan memberikan kontribusi positif terhadap sifat fisik dan stabilitas termal serta ketahanan terhadap penyerapan air pada serat [34]. Berkurangnya amorf pada serat akibat perlakuan kimia atau alkalisasi akan meningkatkan indeks kristalin serat [26].

Metode yang digunakan untuk menghitung indeks kristalin pada serat adalah dengan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD). Dengan persamaan sebagai berikut: [35]

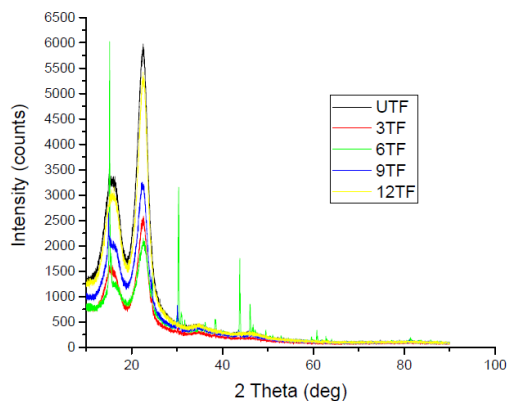
$$CI = \frac{I_{002} - I_{am}}{I_{002}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

- CI : Indek Kristianilitas
 I_{002} : Intensitas maksimum dari puncak kristalin
 I_{am} : Intensitas minimum dari puncak amorf

Berikut adalah adalah contoh gambar grafik hasil dari XRD serat kulit kayu timoho, terdapat 2 puncak itensitas pada sudut 2θ yaitu 15,48

(menunjukkan komponen amorf) dan 22,39(menunjukkan komponen kristalin).

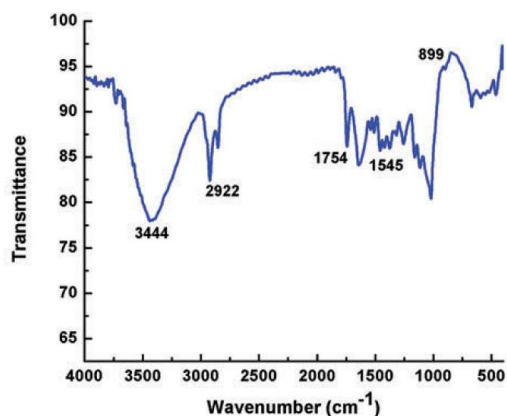


Gambar 2. Grafik Hasil XRD[16]

Dari grafik hasil XRD memperlihatkan peningkatan indeks kristalin dari serat tanpa perlakuan kimia dengan perlakuan kimia NaOH 3%, 6%, dan 9% namun menurun pada perlakuan NaOH 12%. Dari hasil XRD dapat dilihat pengaruh perlakuan kimia pada serat terhadap indeks kristalin [16].

3.2.5. Gugus Fungsi Serat

Gugus fungsi pada serat memiliki peran dalam menentukan sifat fisik dari serat alam, metode analisis yang digunakan untuk menganalisa gugus fungsi serat alam adalah metode FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) [36]. FTIR digunakan untuk menghitung perubahan komposisi kimia pada serat. Berikut adalah satu contoh hasil FTIR dari serat alam kulit pohon *carica papaya*.



Gambar 3. Hasil FTIR Carica Papaya [37]

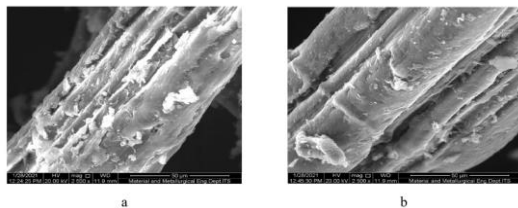
dari grafik hasil FTIR dapat dianalisa sebagai berikut:

1. *Puncak 3444 cm⁻¹ Gugus Hidroksil (O-H)*
Gugus hidroksil menunjukkan kemampuan serat untuk membentuk ikatan hydrogen yang memberi kontribusi pada sifat adhesi serat.
2. *Puncak 2922 cm⁻¹ Gugus Metil dan Methylene (C-H)*
Puncak 2922 cm⁻¹ merupakan hasil dari getaran regangan C–H dari gugus metil dan metilen, gugus fungsi ini menunjukkan bahwa adanya selulosa dan hamiselulosa pada serat yang memberikan pengaruh terhadap sifat termal dan mekanik serat.
3. *Puncak 1754 cm⁻¹ Gugus Karbonil (C=O)*
Adanya gugus karbonil pada serat menunjukkan pengurangan hemiselulosa atau lignin pada serat setelah perlakuan alkalisasi.
4. *Puncak 1545 cm⁻¹ Gugus Aromatik (C=C)*
Pada puncak ini melihat bahwa adanya cincin aromatik yang berguna untuk ketahanan degradasi pada serat serta sebagai anti mikroba
5. *Puncak 899 cm⁻¹ Ikatan β-glikosidik dan Gugus Alkil*
Pada puncak ini menunjukkan getaran ikatan β-glikosidik yang ada di dalam polisakarida [37].

3.2.6. Morfologi Serat

Morfologi serat didapat dari hasil SEM (Scanning Electron Microscopy), yang mana tujuan mempelajari morfologi serat adalah untuk melihat permukaan serat dalam skala mikro sehingga dapat dilihat perbedaan serat dengan perlakuan kimia dan yang tidak diberi perlakuan kimia, sehingga dapat ditarik kesimpulan secara visual terhadap serat [16].

Pada gambar 4 menampilkan contoh gambar hasil SEM pada serat kulit kayu waru, Gambar 4a menampilkan morfologi serat tanpa perlakuan kimia sedangkan gambar 4b menampilkan morfologi serat dengan perlakuan NaOH. Pada gambar 4a terlihat bahwa serat tanpa perlakuan kimia memiliki permukaan yang dilapisi oleh lilin dan kotoran, sedangkan pada gambar 4b terlihat morfologi serat lebih kasar dan pori-pori serat menjadi terbuka dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan kimia, hal ini diakibatkan oleh pelepasan komponen non selulosa seperti lignin dan hemiselulosa pada serat. Permukaan serat yang kasar memungkinkan adhesi yang baik antara serat dan matrik sehingga memberi efek positif terhadap kekuatan mekanik komposit[38].



Gambar 4. Hasil SEM Serat Waru [20]

3.2.7. Stabilitas/Ketahanan Serat Terhadap Panas

Metode yang digunakan untuk mengukur perubahan masa terhadap suhu adalah dengan metode *Thermo Gravimetric Analysis* (TGA). Dari pengujian TGA didapat informasi tentang laju kehilangan masa dan stabilitas termal [39]. Degradasi termal serat terjadi beberapa tahap, pertama terjadi degradasi kelembapan serat kemudian degradasi hemiselulosa dan lignin dan yang terakhir terjadi degradasi selulosa [40]. Stabilitas termal serat dipengaruhi oleh kandungan selulosa pada serat, serat yang memiliki kandungan selulosa tinggi cenderung memiliki stabilitas termal yang baik [41]. Stabilitas termal dari beberapa serat kulit kayu ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 4.
Stabilitas Termal Serat

Kulit Kayu	Stabilitas Termal
<i>Acacia leucophloea</i>	220 °C [29]
<i>Ceiba pentandra</i>	342.1°C [41]
<i>Acacia planifrons</i>	275°C [30]
<i>Albizia amara</i>	330.6°C [36]
<i>Dichrostachys Cinerea</i>	330°C [4]
<i>Acacia concinna</i>	225°C [1]

3.2.8. Karakteristik Komposit

Karakter sebuah komposit dilihat dari sifat mekaniknya, Sifat mekanik komposit dipengaruhi oleh banyak hal, diantaranya adalah metode fabrikasi, persentase serat terhadap matrik, panjang serat, dan sifat mekanik serat yang dipengaruhi oleh komposisi kimianya, serta ikatan antara serat dan matrik [42]. Secara umum karakteristik sifat mekanik komposit didapat dari minimal dua pengujian yaitu pengujian kekuatan tarik dan pengujian kelenturan, standar yang digunakan dalam pengujian adalah ASTM D3039 untuk pengujian kekuatan tarik dan ASTM D790 untuk pengujian bending. Dari hasil beberapa penelitian dapat dilihat bahwa kekuatan mekanik komposit dengan penguat serat kulit kayu sebagai berikut:

Tabel 5.
Sifat Mekanik Komposit Serat Kulit Kayu

Jenis kayu	Kekuatan Tarik	Kekuatan Bending
<i>Dichrostachys Cinerea</i>	50,75 MPa	74,06 Mpa [25]
<i>Muntingia Calabura</i>	61.97 MPa	109.03 Mpa [19]
<i>Sterculia Urens</i>	43.02 MPa	160 Mpa [22]
<i>Ceiba Pentandra</i>	85,92 MPa	98,49 Mpa [31]

Dari tabel 6 dapat dilihat bahwa komposit dengan penguat kulit kayu *Ceiba Pentandra* memiliki kekuatan tarik yang terbaik jika dibandingkan dengan komposit serat kulit kayu yang lainnya, hal ini tentu bisa menjadi pertimbangan untuk aplikasi pada industri seperti industri otomotif, terutama sebagai komponen interior mobil. Nilai kekuatan tarik komposit dengan kulit kayu *Ceiba Pentandra* sudah dapat memenuhi kriteria kekuatan mekanik plastik untuk interior mobil.

4. Simpulan

Dari sifat fisik dan kimia kulit kayu, dapat disimpulkan bahwa serat dari beberapa jenis kulit kayu memiliki potensi sebagai penguat pada komposit matrik polimer. Perlakuan alkalisasi dengan NaOH pada serat kulit kayu terbukti memberikan efek meningkatkan sifat mekanis serat, hal ini disebabkan oleh pelepasan komponen non-selulosa sehingga meningkatkan persentase selulosa dan indeks kristalin dari serat. Karakterisasi serat kulit kayu meliputi pengujian komposisi kimia, densitas serat, pengujian tarik serat tunggal, FTIR, SEM dan TGA. Beberapa komposit dengan serat kulit kayu memiliki potensi kekuatan mekanik yang memadai untuk berbagai aplikasi dengan kekuatan tarik berkisar 43 MPa sampai 85,92 Mpa dan kekuatan bending 74,06 Mpa sampai 109.03 Mpa. Stabilitas termal serat kulit kayu berkisar antara 220 °C sampai 342.1°C. Sedangkan kandungan selulosa terbaik setelah perlakuan kimia berkisar antara 42.75 % sampai 79.13%.

Dari beberapa artikel penelitian, jika dilihat dari sifat mekanik dan sifat termal, komposit dengan penguat serat kulit kayu dapat direkomendasikan sebagai komponen interior atau eksterior pada kendaraan, seperti penggunaan untuk dashboard dan panel pintu mobil.

Daftar Pustaka

- [1] V. Amutha and B. Senthilkumar, "Physical, Chemical, Thermal, and Surface Morphological Properties of the Bark Fiber Extracted from Acacia Concinna Plant," *Journal of Natural Fibers*, vol. 18, no. 11, pp. 1661–1674, 2021, <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1697986>.
- [2] S. Jothibas, S. Mohanamurugan, R. Vijay, D. Lenin Singaravelu, A. Vinod, and M. R. Sanjay, "Investigation on the mechanical behavior of areca sheath fibers/jute fibers/glass fabrics reinforced hybrid composite for light weight applications," *Journal of Industrial Textiles*, vol. 49, no. 8, pp. 1036–1060, Mar. 2020, <https://doi.org/10.1177/1528083718804207>.
- [3] R. Pandiyarajan, M. Starvin, M. Belsam Jeba Ananth, S. Marimuthu, S. Sabarish, and S. Ponsuriyaprakash, "Experimental investigation of morphological and mechanical properties of SiC-neem-coir fiber reinforced hybrid composite," *Journal of the Chinese Institute of Engineers, Transactions of the Chinese Institute of Engineers, Series A*, vol. 45, no. 6, pp. 532–542, 2022, <https://doi.org/10.1080/02533839.2022.2078414>.
- [4] P. G. Baskaran, M. Kathiresan, and P. Pandiarajan, "Effect of Alkali-treatment on Structural, Thermal, Tensile Properties of Dichrostachys Cinerea Bark Fiber and Its Composites," *Journal of Natural Fibers*, vol. 19, no. 2, pp. 433–449, 2022, <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1745123>.
- [5] R. Girimurugan, R. Pugazhenti, P. Mahes Kumar, T. Suresh, and M. Vairavel, "Impact and hardness behaviour of epoxy resin matrix composites reinforced with banana fiber/camellia sinensis particles," in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2020, pp. 373–377. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.597>.
- [6] S. dua *et al.*, "Potential of natural fiber based polymeric composites for cleaner automotive component production - a comprehensive review," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 25, pp. 1086–1104, Jul. 2023, <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.06.019>.
- [7] V. Mahesh, S. Joladarashi, and S. M. Kulkarni, "A comprehensive review on material selection for polymer matrix composites subjected to impact load," Feb. 01, 2021, *China Ordnance Industry Corporation*. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2020.04.002>.
- [8] H. J. Rao, S. Singh, and P. Janaki Ramulu, "Characterization of a Careya Arborea Bast Fiber as Potential Reinforcement for Light Weight Polymer Biodegradable Composites," *Journal of Natural Fibers*, vol. 20, no. 1, pp. 71–87, 2023, <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2128147>.
- [9] J. Holbery and D. Houston, "Natural-Fiber-Reinforced Polymer Composites in Automotive Applications," 2006.
- [10] S. Nayak, S. K. Khuntia, S. D. Mohanty, and J. Mohapatra, "Investigation and Fabrication of Thermo-mechanical Properties of Ceiba Pentandra Bark Fiber/Poly (Vinyl) Alcohol Composites for Automobile Dash Board and Door Panel Applications," *Journal of Natural Fibers*, vol. 19, no. 2, pp. 450–462, 2022, <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1745124>.
- [11] F. M. Khan *et al.*, "A Comprehensive Review on Epoxy Biocomposites Based on Natural Fibers and Bio-fillers: Challenges, Recent Developments and

- Applications,” Aug. 01, 2022, *Springer*.
<https://doi.org/10.1007/s42765-022-00143-w>.
- [12] R. Jeyapragash, V. Srinivasan, and S. Sathiyamurthy, “Mechanical properties of natural fiber/particulate reinforced epoxy composites - A review of the literature,” in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2020, pp. 1223–1227.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.12.146>.
- [13] J. Bale, Y. Pell, K. Boimau, B. Bistolen, and D. Rihi, “Tensile characteristics of bio-composite material reinforced with corn skin,” *Journal of Engineering and Technological Sciences*, vol. 53, no. 5, Oct. 2021,
<https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2021.53.5.13>.
- [14] O. Akampumuza, P. M. Wambua, A. Ahmed, W. Li, and X. H. Qin, “Review of the applications of biocomposites in the automotive industry,” Nov. 01, 2017, *John Wiley and Sons Inc*.
<https://doi.org/10.1002/pc.23847>.
- [15] S. Chakravarthy K, M. Madhu S, J. S. Naga Raju, and J. Shariff Md, “Characterization of novel natural cellulosic fiber extracted from the stem of *Cissus vitiginea* plant,” *Int J Biol Macromol*, vol. 161, pp. 1358–1370, Oct. 2020,
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.230>.
- [16] F. Gapsari, A. Purnowidodo, S. Hidayatullah, and S. Suteja, “Characterization of Timoho Fiber as a reinforcement in green composite,” *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 13, pp. 1305–1315, Jul. 2021,
<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.05.049>.
- [17] S. V. Obame, A. D. O. Betené, P. M. Naoh, F. E. Betené, and A. Atangana, “Characterization of the *Neuropeltis acuminatas* liana fiber treated as composite reinforcement,” *Results in Materials*, vol. 16, Dec. 2022,
<https://doi.org/10.1016/j.rinma.2022.100327>.
- [18] T. Khuntia and S. Biswas, “Characterization of a Novel Natural Filler from Sirisha Bark,” *Journal of Natural Fibers*, vol. 19, no. 8, pp. 3083–3092, 2022,
<https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1838997>.
- [19] A. Vinod *et al.*, “Novel *Muntingia Calabura* bark fiber reinforced green-epoxy composite: A sustainable and green material for cleaner production,” *J Clean Prod*, vol. 294, Apr. 2021,
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126337>.
- [20] W. A. Wirawan, M. A. Choiron, E. Siswanto, and T. D. Widodo, “Morphology, Structure, and Mechanical Properties of New Natural Cellulose Fiber Reinforcement from Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Bark,” *Journal of Natural Fibers*, vol. 19, no. 15, pp. 12385–12397, 2022,
<https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2060402>.
- [21] J. Tengsuthiwat, V. A. V. R, Y. G. T. G, S. M. Rangappa, and S. Siengchin, “Characterization of novel natural cellulose fiber from *Ficus macrocarpa* bark for lightweight structural composite application and its effect on chemical treatment,” *Heliyon*, vol. 10, no. 9, May 2024,
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30442>.
- [22] K. H. Reddy, R. M. Reddy, M. Ramesh, D. Mohana Krishnudu, B. M. Reddy, and H. R. Rao, “Impact of Alkali Treatment on Characterization of Tapsi (*Sterculia Urens*) Natural Bark Fiber Reinforced Polymer Composites,” *Journal of Natural Fibers*, vol. 18, no. 3, pp. 378–

- 389, 2021, <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1623747>.
- [23] K. Ninikas, A. Mitani, D. Koutsianitis, G. Ntalos, H. R. Taghiyari, and A. N. Papadopoulos, "Thermal and mechanical properties of green insulation composites made from cannabis and bark residues," *Journal of Composites Science*, vol. 5, no. 5, May 2021, <https://doi.org/10.3390/jcs5050132>.
- [24] R. Ramkumar and P. Saravanan, "Characterization of the Cellulose Fibers Extracted from the Bark of Piliostigma Racemosa," *Journal of Natural Fibers*, vol. 19, no. 13, pp. 5101–5115, 2022, <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1875356>.
- [25] P. G. Baskaran, M. Kathiresan, P. Senthamarai kannan, and S. S. Saravanakumar, "Characterization of New Natural Cellulosic Fiber from the Bark of Dichrostachys Cinerea," *Journal of Natural Fibers*, vol. 15, no. 1, pp. 62–68, Jan. 2018, <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1304314>.
- [26] P. Senthamarai kannan, S. S. Saravanakumar, M. R. Sanjay, M. Jawaid, and S. Siengchin, "Physico-chemical and thermal properties of untreated and treated Acacia planifrons bark fibers for composite reinforcement," *Mater Lett*, vol. 240, pp. 221–224, Apr. 2019, <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.01.024>.
- [27] R. Kumar *et al.*, "Characterization of New Cellulosic Fiber from the Bark of Acacia nilotica L. Plant," *Journal of Natural Fibers*, vol. 19, no. 1, pp. 199–208, 2022, <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1738305>.
- [28] S. Palanisamy *et al.*, "Characterization of Acacia caesia Bark Fibers (ACBFs)," *Journal of Natural Fibers*, vol. 19, no. 15, pp. 10241–10252, 2022, <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1993493>.
- [29] V. P. Arthanarieswaran, A. Kumaravel, and S. S. Saravanakumar, "Characterization of New Natural Cellulosic Fiber from Acacia leucophloea Bark," *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, vol. 20, no. 4, pp. 367–376, May 2015, <https://doi.org/10.1080/1023666X.2015.1018737>.
- [30] P. Senthamarai kannan, S. S. Saravanakumar, V. P. Arthanarieswaran, and P. Sugumaran, "Physico-chemical properties of new cellulosic fibers from the bark of Acacia planifrons," *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, vol. 21, no. 3, pp. 207–213, Apr. 2016, <https://doi.org/10.1080/1023666X.2016.1133138>.
- [31] R. Kumar, N. R. J. Hynes, P. Senthamarai kannan, S. Saravanakumar, and M. R. Sanjay, "Physicochemical and Thermal Properties of Ceiba pentandra Bark Fiber," *Journal of Natural Fibers*, vol. 15, no. 6, pp. 822–829, Nov. 2018, <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1369208>.
- [32] M. Kathirselvam, A. Kumaravel, V. P. Arthanarieswaran, and S. S. Saravanakumar, "Assessment of cellulose in bark fibers of Thespesia populnea: Influence of stem maturity on fiber characterization," *Carbohydr Polym*, vol. 212, pp. 439–449, May 2019, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.02.072>.
- [33] J. B. Dawit, Y. Regassa, and H. G. Lemu, "Property characterization of acacia tortilis for natural fiber reinforced polymer composite," *Results in Materials*, vol. 5, Mar. 2020,

- <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2019.100054>.
- [34] A. Arul Marcel Moshi, D. Ravindran, S. R. Sundara Bharathi, S. R. Padma, S. Indran, and D. Divya, "Characterization of natural cellulosic fiber extracted from *Grewia damine* flowering plant's stem," *Int J Biol Macromol*, vol. 164, pp. 1246–1255, Dec. 2020, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.225>.
- [35] P. Manimaran, S. S. Saravanakumar, N. K. Mithun, and P. Senthamaraiannan, "Physicochemical properties of new cellulosic fibers from the bark of *Acacia arabica*," *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, vol. 21, no. 6, pp. 548–553, Aug. 2016, <https://doi.org/10.1080/1023666X.2016.1177699>.
- [36] P. Senthamaraiannan, M. R. Sanjay, K. S. Bhat, N. H. Padmaraj, and M. Jawaid, "Characterization of natural cellulosic fiber from bark of *Albizia amara*," *Journal of Natural Fibers*, vol. 16, no. 8, pp. 1124–1131, Nov. 2019, <https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1453432>.
- [37] A. Saravana Kumar, A. Senthilkumar, T. Sornakumar, S. S. Saravanakumar, and V. P. Arthanariesewaran, "Physicochemical properties of new cellulosic fiber extracted from *Carica papaya* bark," *Journal of Natural Fibers*, vol. 16, no. 2, pp. 175–184, Feb. 2019, <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1410514>.
- [38] W. A. Wirawan, M. A. Chiron, E. Siswanto, and T. D. Widodo, "Morphology, Structure, and Mechanical Properties of New Natural Cellulose Fiber Reinforcement from Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Bark," *Journal of Natural Fibers*, vol. 19, no. 15, pp. 12385–12397, 2022, <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2060402>.
- [39] V. Amutha and B. Senthilkumar, "Physical, Chemical, Thermal, and Surface Morphological Properties of the Bark Fiber Extracted from *Acacia Concinna* Plant," *Journal of Natural Fibers*, vol. 18, no. 11, pp. 1661–1674, 2021, <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1697986>.
- [40] K. Ninikas, A. Mitani, D. Koutsianitis, G. Ntalos, H. R. Taghiyari, and A. N. Papadopoulos, "Thermal and mechanical properties of green insulation composites made from cannabis and bark residues," *Journal of Composites Science*, vol. 5, no. 5, May 2021, <https://doi.org/10.3390/jcs5050132>.
- [41] S. Nayak, S. K. Khuntia, S. D. Mohanty, and J. Mohapatra, "Investigation and Fabrication of Thermo-mechanical Properties of *Ceiba Pentandra* Bark Fiber/Poly (Vinyl) Alcohol Composites for Automobile Dash Board and Door Panel Applications," *Journal of Natural Fibers*, vol. 19, no. 2, pp. 450–462, 2022, <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1745124>.
- [42] S. Palanisamy, M. Kalimuthu, C. Santulli, M. Palaniappan, R. Nagarajan, and C. Fragassa, "Tailoring Epoxy Composites with *Acacia caesia* Bark Fibers: Evaluating the Effects of Fiber Amount and Length on Material Characteristics," *Fibers*, vol. 11, no. 7, Jul. 2023, <https://doi.org/10.3390/fib11070063>.