

Analisis Morfologi Permukaan dan Kekuatan Tarik Serat Pelepah Nipah (*Nypa Frutycans*) Akibat Perlakuan Pengasapan

Sunardi Arung¹, Musa Bondaris Palungan², Yafet Bontong³

^{1,2,3}Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia Paulus

Makassar Jalan Perintis Kemerdekaan Km 13 No. 28 Daya, Makassar,

Indonesia 90243

Email: arung2019@gmail.com¹, musbop@ukipaulus.ac.id², yafet.bontong@yahoo.co.id³

ABSTRAK

Serat alam sebagai bahan komposit semakin berkembang karena sifatnya yang ringan, terbarukan, dan ramah lingkungan. Penelitian mengenai potensi serat pelepah nipah (*Nypa fruticans*) terbatas, khususnya pengaruh pengasapan suhu terkontrol terhadap perubahan sifat mekanik dan morfologi serat. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi durasi pengasapan terhadap kekuatan tarik serat dan morfologi permukaan serat. Metode penelitian dilakukan dengan memberikan pengasapan pada suhu 45 °C dengan variasi waktu 0, 5, 10, 15, dan 20 jam. Karakterisasi morfologi permukaan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM); sifat mekanik dianalisis melalui uji tarik serat tunggal dengan mengukur diameter serat, luas penampang, gaya tarik maksimum, dan kekuatan tarik. Hasil pengamatan SEM menunjukkan peningkatan durasi menyebabkan penyusutan *lumen*, peningkatan kekasaran permukaan, dan munculnya retakan mikro akibat paparan panas. Hasil uji tarik menunjukkan kekuatan tarik meningkat dari 53,20 MPa pada serat tanpa perlakuan menjadi 111,03 MPa pada durasi pengasapan 15 jam. Peningkatan ini dipengaruhi oleh penurunan diameter, pengurangan kadar air, dan degradasi parsial komponen *amorf* seperti *hemiselulosa*. Pada durasi 20 jam, kekuatan tarik menurun menjadi 100,83 MPa akibat degradasi dinding sel. Penelitian ini menegaskan pengasapan selama 15 jam pada suhu 45 °C merupakan kondisi optimum meningkatkan sifat mekanik serat nipah.

Kata kunci: serat pelepah nipah, pengasapan, *morfologi* permukaan, SEM, uji tarik serat tunggal.

ABSTRACT

Natural fibres as composite reinforcement materials have gained increasing attention due to their lightweight, renewable, and environmentally friendly characteristics. However, studies on the potential of nipa palm frond fibres (*Nypa fruticans*) are still limited, particularly regarding the effect of controlled-temperature smoking treatment on changes in mechanical properties and fibre morphology. This study aims to analyse the effect of variations in smoking duration on the tensile strength and surface morphology of nipa palm frond fibres. The research method involved applying a smoking treatment at a controlled temperature of 45 °C with time variations of 0, 5, 10, 15, and 20 hours. Surface morphology characterisation was conducted using a Scanning Electron Microscope (SEM), while the mechanical properties were analysed through a single-fibre tensile test by measuring fibre diameter, cross-sectional area, maximum tensile force, and tensile strength. SEM observations indicate that increasing smoking duration leads to lumen shrinkage, increased surface roughness, and microcrack formation due to thermal exposure. Tensile test results show that the tensile strength increased from 53.20 MPa in untreated fibres to 111.03 MPa after 15 hours of smoking. This improvement is associated with reduced fibre diameter, decreased moisture content, and partial degradation of amorphous components such as hemicellulose. However, at 20 hours of treatment, the tensile strength decreased to 100.83 MPa, indicating the onset of cell wall degradation. These findings demonstrate that a 15-hour smoking treatment at 45 °C provides the optimum condition for improving the mechanical properties of nipa palm fibres.

Keywords: nipa palm frond fibre, smoking treatment, surface morphology, SEM, single-fibre tensile test.

Pendahuluan

Serat pelepah nipah merupakan serat alami yang berpotensi digunakan sebagai bahan komposit ramah lingkungan untuk aplikasi struktural [1]. Nipah (*Nypa fruticans*) adalah tanaman pesisir yang tumbuh di daerah tropis, terutama di Asia Tenggara, termasuk Indonesia, seperti di wilayah Makassar, Sulawesi Selatan [2]. Pelepah nipah umumnya menjadi limbah setelah buah dan daun dipanen, padahal

bagian ini mengandung serat yang kuat dan elastis sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan komposit [3]. Dalam industri konstruksi, penggunaan material komposit semakin berkembang karena memiliki keunggulan seperti kekuatan tinggi, ringan, tahan korosi, serta lebih ramah lingkungan [4][5]. Namun, sebagian besar komposit yang digunakan masih berbasis serat sintetis [6]. Oleh karena itu, penelitian mengenai pemanfaatan serat pelepah nipah sebagai bahan komposit ramah lingkungan menjadi penting untuk mendukung keberlanjutan lingkungan [7].

Serat alam memiliki beberapa kelemahan, seperti variasi sifat mekanik akibat perbedaan kondisi lingkungan dan proses pengolahan [8]. Selain itu, serat alam umumnya memiliki ketahanan yang rendah terhadap kelembapan sehingga lebih mudah mengalami degradasi dibandingkan serat sintetis [9]. Oleh karena itu, diperlukan perlakuan tertentu untuk meningkatkan sifat mekanik dan ketahanannya [10]. Pemanfaatan serat alam sebagai alternatif pengganti serat sintetis semakin berkembang karena sifatnya yang ramah lingkungan, ringan, dan ekonomis [11]. Salah satu sumber serat alam yang potensial di wilayah pesisir Indonesia adalah pelepah nipah dari tanaman *Nypa fruticans* yang banyak tumbuh di daerah rawa dan estuaria [12][13]. Namun, pemanfaatannya masih terbatas pada daun dan buah, sementara pelepahnya belum banyak diteliti sebagai bahan penguat komposit [14]. Karakteristik serat alam diakibatkan oleh struktur morfologi dan sifat mekaniknya [15]. Analisis morfologi digunakan untuk mengetahui bentuk permukaan, diameter, pori, struktur dinding sel, dan kekasaran permukaan yang mempengaruhi adhesi dengan matriks komposit [16]. Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan Photo SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk melihat retakan mikro, rongga, fibril terlepas, serta perubahan morfologi pada skala mikrometer [17][18].

Selain itu, pengujian mekanik dilakukan melalui uji tarik serat tunggal (*single fiber tensile test*) untuk menentukan kuat tarik, regangan, dan modulus elastisitas serat [19][20]. Metode ini memberikan hasil yang lebih akurat karena menggambarkan kemampuan intrinsik serat. Nilai kuat tarik diperoleh dari perbandingan gaya maksimum terhadap luas penampang serat dan dipengaruhi oleh diameter, homogenitas struktur, serta perlakuan awal pada serat [21][22][23].

Dalam penelitian ini, perlakuan pengasapan terhadap serat pelepah nipah dilakukan sebelum pengujian morfologi dan uji tarik. [24]Proses pengasapan diduga dapat mempengaruhi kadar air, struktur kimia permukaan, serta kerapatan dinding sel serat. Pengurangan kadar air dan perubahan struktur lignoselulosa akibat panas berpotensi meningkatkan kekuatan Tarik.[25] Namun, suhu dan durasi pengasapan yang berlebihan dapat menyebabkan degradasi struktur serat.

Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis pengaruh perlakuan pengasapan terhadap kuat tarik serat nipah dan perubahan morfologi mikrostruktur pelepah nipah menggunakan SEM. Studi yang mengkaji hubungan perlakuan termal tradisional seperti pengasapan dengan sifat mekanik dan morfologi mikro serat nipah masih sangat terbatas, karena penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada pemanfaatan umum atau komposisi kimianya. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi dalam memahami hubungan antara pengasapan, struktur mikro, dan kekuatan tarik serat pelepah nipah sebagai calon material penguat komposit ramah lingkungan.

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan teknologi pengolahan serat nipah yang lebih optimal serta meningkatkan nilai tambah sumber daya lokal berbasis potensi wilayah pesisir. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengkaji potensi serat pelepah nipah sebagai bahan komposit menunjukkan bahwa serat pelepah nipah memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi dan dapat meningkatkan kekuatan komposit. Namun, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan penggunaan serat pelepah nipah dalam aplikasi struktural dengan perlakuan pengasapan dan perendaman.

Perlakuan pengasapan pada serat dilakukan menggunakan asap dari pembakaran tidak sempurna tempurung kelapa yang mengandung senyawa karbonil, fenol, dan asam asetat [14]. Proses ini menyebabkan pengendapan senyawa kimia serta penurunan kadar air yang mempengaruhi sifat fisik dan kimia serat. Gugus karbonil menyebabkan perubahan warna serat menjadi kuning kecoklatan hingga coklat tua, sedangkan fenol bersifat antioksidan dan antimikroba yang meningkatkan ketahanan terhadap degradasi lingkungan. Serat pelepah nipah merupakan material alami dengan kekuatan tarik tinggi yang berpotensi sebagai bahan penguat komposit karena ketersediaannya melimpah dan biaya produksinya rendah. Selain itu, tanaman nipah juga memiliki potensi pemanfaatan lain seperti kulit buah untuk arang aktif serta batang sebagai bahan konstruksi dan tepung. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pengasapan terhadap karakteristik fisik, mekanik, dan termal serat pelepah nipah serta mengevaluasi potensinya sebagai bahan komposit ramah lingkungan. Analisis morfologi dilakukan menggunakan Photo SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengamati struktur permukaan serat *Nypa fruticans* pada skala mikrometer.[26] Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik struktur mikro serat yang tidak dapat diamati menggunakan mikroskop optik biasa seperti tekstur permukaan, distribusi pori, retakan mikro, susunan fibril, serta indikasi kerusakan akibat perlakuan tertentu. SEM bekerja dengan menembakkan berkas elektron ke permukaan sampel. Interaksi antara elektron dan permukaan

serat menghasilkan sinyal yang kemudian diterjemahkan menjadi citra dengan resolusi tinggi. Hasil foto SEM menampilkan topografi permukaan dan struktur mikro serat secara tiga dimensi semu (3D appearance), sehingga detail morfologi dapat dianalisis dengan jelas.[27]

Sebelum pengamatan, sampel serat nipah dipotong sesuai ukuran dan dikeringkan untuk menghilangkan kadar air. Karena serat alam bersifat nonkonduktif, permukaannya dilapisi dengan lapisan tipis logam seperti emas atau karbon melalui proses sputtering untuk mencegah penumpukan muatan listrik saat pengujian SEM [28]. Selanjutnya, sampel ditempatkan dalam ruang vakum alat SEM dan dipindai pada berbagai tingkat perbesaran, seperti 100×, 200×, atau 500× sesuai kebutuhan analisis.

Gap penelitian ini adalah belum adanya studi khusus mengenai pengasapan serat pelepah nipah pada suhu rendah (45°C) yang menggabungkan analisis morfologi SEM serta analisis kuat tarik serat tunggal sebagai dasar optimasi proses.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan [29] penelitian eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh perlakuan pengasapan terhadap morfologi permukaan dan kekuatan tarik serat pelepah nipah. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah durasi pengasapan (0 jam, 5 jam, 10 jam, 15 jam, dan 20 jam), sedangkan variabel terikat adalah morfologi permukaan dan nilai kuat tarik serat Tunggal.

Pada Uji SEM dilakukan analisis meliputi: analisis morfologi permukaan, perbandingan antarpelakuan, pengukuran fitur mikro, interpretasi hubungan struktur mikro dengan sifat mekanik, dan pada analisis Uji tarik dilakukan perhitungan parameter mekanik, statistik deskriptif.

Alat dan Bahan Penelitian

Bahan penelitian berupa serat pelepah nipah (*Nypa fruticans*) yang telah dibersihkan dan dikeringkan (gambar 1). Sampel uji tarik serat tunggal dibuat 25 sampel uji, dengan masing-masing 5 sampel tiap perlakuan (gambar 2). Tempurung kelapa digunakan sebagai sumber asap pada proses pengasapan. Aquades untuk membilas serat pelepah nipah. Alat yang digunakan antara lain: timbangan digital, penggaris, cutter, palu kayu, jangka sorong, tali, perangkat alat pengasapan (smoking chamber), termometer, alat uji tarik serat tunggal (gambar 3), Perangkat alat Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) (gambar 4)



Gambar 1. Serat pelepah nipah (sumber dokumentasi 2025)

Serat pelepah nipah yang telah dibersihkan dan di bilas menggunakan aquades dan di keringkan dengan cara diangin-anginkan dalam ruangan tanpa terkena paparan sinar matahari langsung, dikelempokkan sesuai dengan durasi perlakuan pengasapan.



Gambar 2. Spesimen uji tarik serat tunggal (sumber dokumentasi 2025)

Spesimen untuk uji tarik serat tunggal dibuat sebanyak 25 sampel uji, masing-masing 5 spesimen uji tiap perlakuan sesuai standar ASTM D3379-02. Lembaran serat tunggal diambil sepanjang 10 cm tiap sampel dan ditempelkan ke kertas putih dengan ukuran 9 cm, dan diberikan tanda sesuai durasi perlakuan.



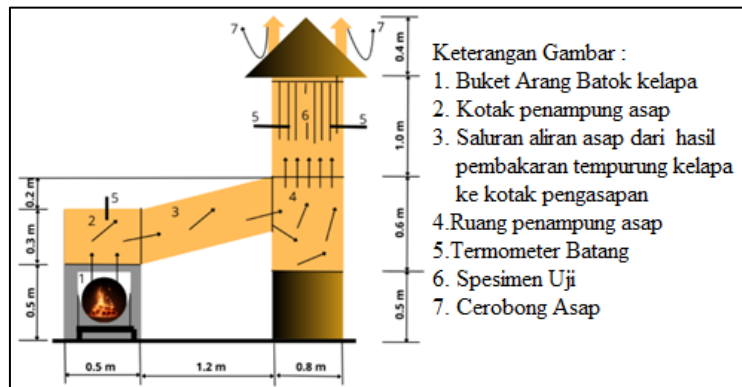
Gambar 3. Alat uji tarik serat tunggal (sumber dokumentasi 2025)

Alat uji tarik serat tunggal menggunakan alat *niversal testing machin* untuk menguji kuat tarik spesimen



Gambar 4. Alat Uji Photo SEM (sumber dokumentasi 2025)

Alat Uji Photo SEM digunakan untuk menganalisis morfologi permukaan sampel uji dengan pembesaran minimal 100 kali.



Gambar 5. Perangkat alat Pengasapan (sumber Palungan 2017)

Perangkat alat pengasapan yang terbuat dari bahan kayu lapis tahan panas. Asap dari hasil pembakaran tempurung kelapa ditampung, kemudian dialirkan melalui saluran asap ke ruang pengasapan dan dikontrol suhunya melalui termometer batang yang ada pada kotak penampung asap dan ruang pengasapan.

Waktu dan tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar dan Laboratorium Mikrostruktur Fakultas Teknik UMI Makassar. Penelitian ini berlangsung selama 4 bulan, dimulai dari bulan Mei – Agustus 2025.

Langkah-Langkah Penelitian :

1. Menyiapkan serat pelepah nipah yang telah dibersihkan dan direndam kemudian dibilas dengan aquades.
2. Serat pelepah nipah dikeringkan pada suhu ruang tanpa terkena sinar matahari langsung. Serat dikelompokkan sesuai dengan variasi perlakuan pengasapan.
3. Serat pelepah nipah digantung dalam kotak perangkat pengasapan.
4. Melakukan perlakuan pengasapan dengan sumber asap dari hasil pembakaran tidak sempurna tempurung kelapa yang dialirkan ke kotak pengasapan tempat serat digantung dengan pengontrolan suhu konstan 45⁰c
5. Perlakuan pengasapan berlangsung secara terus-menerus dengan variasi waktu berurutan dalam kotak perangkat pengasapan Serat pelepah nipah berturut-turut dikeluarkan dari kotak pengasapan sesuai dengan lama waktu pengasapan masing-masing 5, 10, 15 dan 20 jam.
6. Uji SEM (Scanning Electron Microscope) pada permukaan dan penampang tiap sampel serat nipah sesuai durasi perlakuan. Pengamatan morfologi permukaan dilakukan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) untuk menganalisis perubahan struktur mikro akibat perlakuan pengasapan. Sebelum pengujian, sampel serat dipotong menggunakan pisau cutter, kemudian dibersihkan dari kotoran dan dikeringkan pada suhu ruang. Untuk meningkatkan konduktivitas listrik dan mencegah terjadinya *charging* selama proses pengamatan, sampel dilapisi dengan lapisan tipis emas menggunakan metode sputter coating. Pengamatan dilakukan dengan beberapa parameter operasi utama. Magnification (perbesaran) yang digunakan berkisar antara 100× , 200× 500× hingga 2000× untuk mengamati karakteristik topografi permukaan serat, seperti kekasaran permukaan, retakan mikro, serta keberadaan pori atau celah pada struktur serat. Accelerating voltage (tegangan percepatan) diatur pada kisaran 10–20 kV untuk menghasilkan berkas elektron yang stabil sehingga mampu memberikan resolusi citra yang baik tanpa merusak struktur permukaan serat alami. Selain itu, working distance diatur pada kisaran 8–12 mm untuk memperoleh fokus optimal serta meningkatkan kedalaman bidang pengamatan (*depth of field*). Intensitas berkas elektron (spot size) disesuaikan pada tingkat menengah guna memperoleh keseimbangan antara resolusi citra dan intensitas sinyal yang diterima detektor. Pengambilan citra dilakukan menggunakan secondary electron detector, yang sensitif terhadap variasi topografi permukaan sehingga mampu menampilkan detail morfologi serat secara jelas.
7. Uji Tarik Serat dengan spesimen (gambar 2) dibuat berdasarkan standar ASTM D3379-02. Pengujian tarik merupakan metode pengukuran untuk mengevaluasi ketahanan bahan terhadap tegangan tarik tertentu dan mengukur penambahan panjang yang terjadi pada bahan uji.
8. Hasil uji dan pembahasan.
Penelitian ini dilakukan pengujian sampel tanpa pengulangan untuk setiap pengujian SEM dan Uji Tarik pada masing-masing perlakuan.

Hasil Uji dan Pembahasan

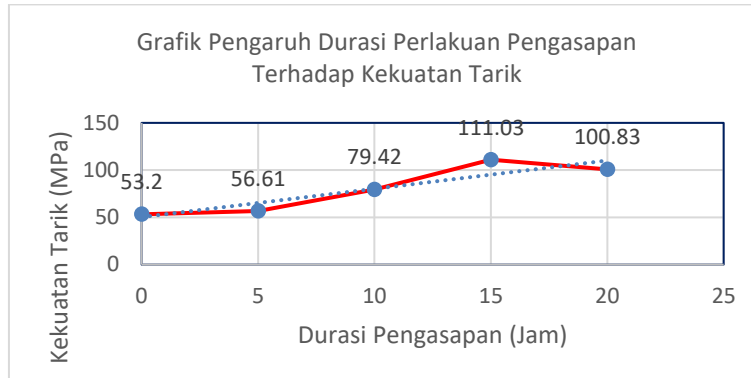
Hasil Uji Tarik Serat Tunggal

Pada hasil uji tarik serat Tunggal, variasi durasi perlakuan memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik serat pelepah nipah. Serat tanpa perlakuan kekuatan tarik sebesar 53,20056 MPa. Pada perlakuan pengasapan selama 5 jam, nilai kekuatan tarik meningkat menjadi 56,64975 MPa, kemudian meningkat pada perlakuan pengasapan durasi 10 jam menjadi 79,42333 MPa. Didapatkan nilai kuat Tarik tertinggi pada durasi 15 jam dengan nilai kekuatan tarik mencapai 111,03318 MPa, kemudian mengalami penurunan pada durasi perlakuan 20 jam menjadi 100,83483 MPa. Dari hasil uji ini menunjukkan perlakuan pengasapan dapat meningkatkan kekuatan Tarik serat pelepah nipah dengan durasi waktu tertentu, dan kemudian menurun dengan durasi perlakuan yang terlalu lama. Hasil uji tarik dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil uji tarik serat pelepah nipah

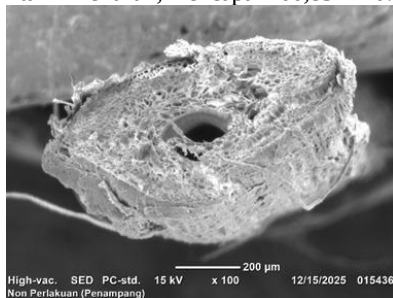
Perlakuan Pengasapan (Jam)	Diameter (mm)	Luas Permukaan (mm)	Gaya Tarik (N)	Kekuatan Tarik (MPa)
TT (N)	0,47	0,1734944	9,23	53,20056
TP5J	0,41	0,1385442	8,52	56,64975
TP10J	0,39	0,1320254	8,67	79,42333
TP15J	0,31	0,0754767	7,94	111,03318
TP20J	0,31	0,0706858	7,24	100,83483

Berdasarkan tabel di atas diketahui bahwa lama pengasapan berpengaruh terhadap sifat mekanik material khususnya kekuatan tarik. Diameter spesimen mengalami penurunan seiring bertambahnya durasi pengasapan, diameter tertinggi pada perlakuan tanpa pengasapan (TT), sedangkan durasi perlakuan 15-20 jam. Luas permukaan terbesar pada tanpa pengasapan dan terendah pada perlakuan 20 jam. Kekuatan tarik menurun sesuai dengan lama waktu pengasapan, dengan nilai tertinggi pada tanpa perlakuan pengasapan, dan diperoleh nilai terendah pada durasi 20 jam perlakuan. Diperoleh nilai kekuatan tarik tertinggi pada durasi perlakuan 15 jam dan kembali menurun ketika perlakuan 20 jam.

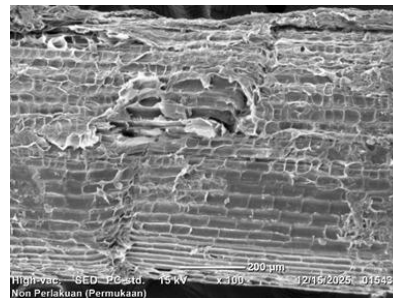


Gambar 6. Grafik pengaruh perlakuan pengasapan terhadap kekuatan tarik

Berdasarkan grafik diatas, terlihat adanya hubungan yang jelas antara durasi perlakuan pengasapan dengan nilai kekuatan tarik serat. Pada perlakuan tanpa pengasapan (0 jam) kekuatan tarik sebesar 53,2 MPa. Nilai ini meningkat pada pengasapan 5 jam, mencapai 56,61 MPa, dan pada perlakuan 10 jam mencapai 79,42 MPa. Kemudian naik pada perlakuan 15 jam, mencapai 111,03 MPa. Namun, pada durasi 20 jam perlakuan, nilai kekuatan tarik menurun, mencapai 100,83 MPa.

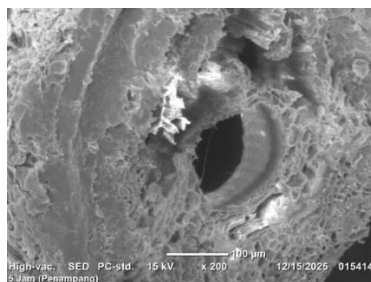


Gambar 7. Non perlakuan penampang (dokumentasi 2025)

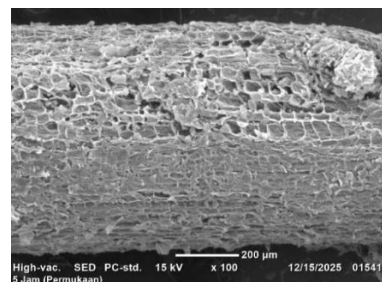


Gambar 8. Non perlakuan permukaan (dokumentasi 2025)

Pada gambar 7. Penampang non-perlakuan dengan perbesaran 100× dan skala 200 µm terlihat bahwa struktur internal masih dalam kondisi alami terlihat adanya rongga atau pori-pori cukup besar, susunan serat belum mengalami pemadatan, permukaan penampang kasar dan tidak homogen. Pada gambar 8 non perlakuan dengan perbesaran 100× dan skala 200 µm terlihat struktur sel masih utuh dan terbuka, permukaan relatif kasar dan tidak rata serta adanya rongga atau lumen yang jelas.



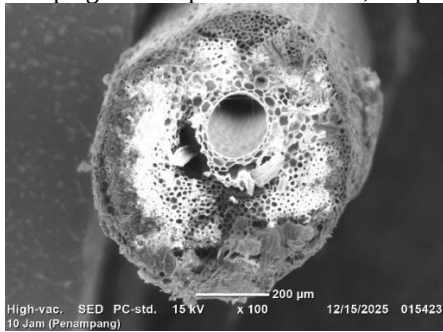
Gambar 9. Perlakuan 5 jam penampang (dokumentasi 2025)



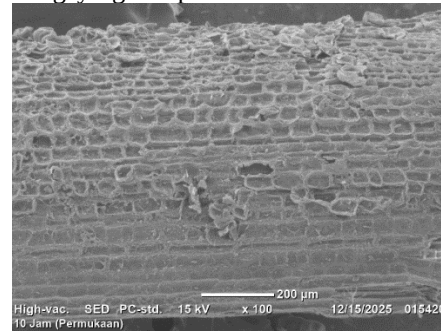
Gambar 10. Gambar 7. Perlakuan 5 jam permukaan (dokumentasi 2025)

Pada Gambar 9, perlakuan 5 jam, penampang dengan 200× dan skala 100 µm, terlihat beberapa karakteristik morfologi, yaitu terbentuknya rongga atau lubang besar di bagian tengah dan permukaan dinding kasar dan tidak homogen, serta mulai munculnya kerusakan struktur mikro. Sedangkan pada gambar 10. Perlakuan 5 jam pada

permukaan dengan 100× dan skala 200 µm menyebabkan peningkatan porositas, degradasi lapisan yang jelas, kerusakan progresif dari permukaan ke inti, dan perubahan morfologi yang cukup besar.

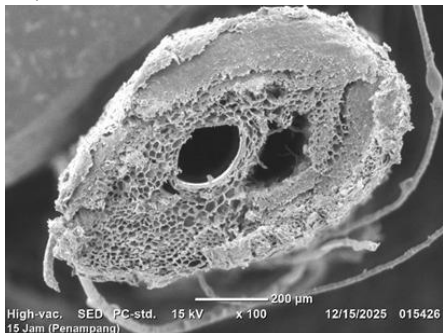


Gambar 11. Perlakuan 10 jam penampang (dokumentasi 2025)

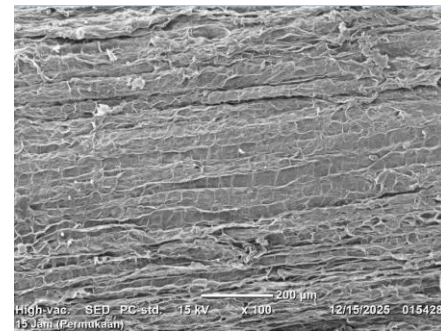


Gambar 12. perlakuan 10 jam permukaan (dokumentasi 2025)

Pada Gambar 11 dengan 100× dan skala 200 µm, terlihat struktur mikro mengalami perkembangan pori yang signifikan dengan distribusi tidak homogen, menunjukkan proses reaksi atau degradasi yang lebih dalam dibandingkan dengan perlakuan yang lebih singkat. Porositas tinggi mengindikasikan penurunan integritas mekanik material. Sedangkan pada gambar 12 dengan 100× dan skala 200 µm perlakuan 10 jam permukaan menunjukkan perkembangan porositas yang signifikan dengan struktur tidak homogen, pelebaran pori, serta indikasi degradasi mekanik.

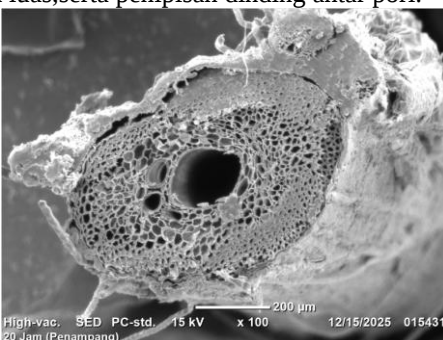


Gambar 13. . perlakuan 15 jam penampang (dokumentasi 2025)

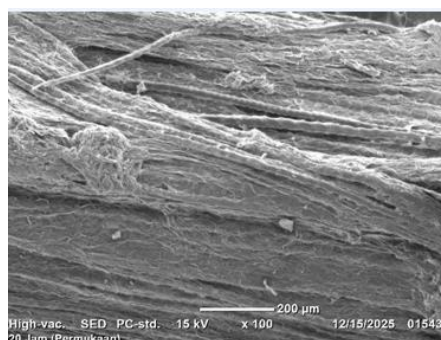


Gambar 14. perlakuan 15 jam permukaan (dokumentasi 2025)

Pada gambar 10 perlakuan 15 jam penampang dengan 100× dan skala 200 µm terjadi degradasi lanjut, koalesensi pori, pelemahan struktur nyata sedangkan. Pada gambar 11. Perlakuan 15 jam permukaan dengan 100× dan skala 200 µm menunjukkan porositas yang signifikan, koalesensi pori yang lebih luas, serta penipisan dinding antar pori.



Gambar 15. perlakuan 20 jam penampang (dokumentasi 2025)



Gambar 16. perlakuan 20 jam permukaan (dokumentasi 2025)

Berdasarkan gambar 15. Pada perlakuan 20 jam penampang dengan 100× dan skala 200 µm terlihat rongga lumen berbentuk oval dengan ukuran pori-pori lebih besar dari sekelilingnya, bentuk tidak beraturan dan saling terhubung. Sedangkan pada gambar 16. Perlakuan 20 jam permukaan dengan 100× dan skala 200 µm terlihat bahwa struktur berpori dan tidak beraturan, terdapat rongga besar di bagian tengah, tidak tampak retakan besar dan adanya pengikisan permukaan pada perlakuan 20 jam. Berdasarkan Gambar 7. Grafik pengaruh perlakuan pengasapan terhadap kekuatan tarik dan hasil SEM terdapat korelasi pada gambar 4 dan gambar 5, terlihat masih belum ada pengaruh pada spesimen non perlakuan, dan

kemudian kekuatan tarik meningkat pada spesimen dengan pengasapan 5 jam, 10, jam dan kekuatan tarik optimal pada spesimen dengan pengasapan 15 jam, namun menurun pada pengasapan 20 jam, hal ini sesuai dengan kondisi yang terlihat pada hasil photo SEM, pada perlakuan pengasapan 5 jam, 10 jam, dan 15 jam, ada pengaruh pada perubahan diameter, serta belum adanya kerusakan akibat paparan panas dan akibat dari paparan asap, namun pada perlakuan 20 jam nampak pembesaran rongga, struktur pori yang tidak beraturan, adanya kerusakan berupa retakan tidak teratur pada permukaan, yang berakibat berkurangnya kekuatan tarik serat.

Simpulan

Berdasarkan hasil Scanning Electron Microscopy (SEM) serta hasil uji tarik pada serat pelepah nipah, terlihat bahwa durasi pengasapan memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan struktur mikro dan sifat mekanik. Serat tanpa perlakuan memiliki kekuatan tarik sebesar 53,20 MPa dengan diameter 0,47 mm, yang menunjukkan struktur morfologi relatif utuh dengan lumen yang jelas dan permukaan yang masih halus. Peningkatan durasi pengasapan menyebabkan proses dehidrasi dan penyusutan diameter serat sehingga meningkatkan kerapatan struktur selulosa. Kekuatan tarik meningkat menjadi 56,65 MPa pada pengasapan 5 jam dan 79,42 MPa pada 10 jam. Nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada pengasapan 15 jam sebesar 111,03 MPa, dengan penyempitan lumen serta struktur serat yang lebih kompak. Namun, pengasapan selama 20 jam menyebabkan penurunan kekuatan tarik menjadi 100,83 MPa akibat munculnya retakan mikro dan degradasi dinding sel.

Peningkatan durasi pengasapan mampu meningkatkan kekuatan mekanik serat hingga kondisi optimum sebelum terjadi degradasi struktur lignoselulosa. Dengan demikian, durasi pengasapan optimum serat adalah 15 jam, karena menghasilkan kekuatan tarik tertinggi dengan struktur morfologi yang masih stabil.

Hasil penelitian menunjukkan pengasapan dapat menjadi metode perlakuan termal sederhana dan ramah lingkungan untuk meningkatkan kualitas serat alam. Serat pelepah nipah berpotensi untuk dikembangkan sebagai material penguat pada komposit berbasis serat alam, khususnya pada aplikasi material ringan dan ramah lingkungan. Peningkatan kekuatan tarik serta perubahan morfologi permukaan akibat pengasapan juga berpotensi meningkatkan ikatan antarmuka (*interfacial bonding*) antara serat dan matriks polimer pada material komposit.

Daftar Pustaka`

- [1] D. K. Syabana and R. Widiastuti, "Karakteristik Fisik Pada Serat Pelepah Nipah (*Nypa fruticans*)," *Din. Kerajinan dan Batik Maj. Ilm.*, vol. 35, no. 1, pp. 9–14, 2018, doi: 10.22322/dkb.v35i1.3771.
- [2] S. T. Syed Shazali, T. Dickie, and N. H. Noor Mohamed, "Development of Nipah Palm Fibre Extraction Process as Reinforcing Agent in Unsaturated Polyester Composite," pp. 181–202, 2023, doi: 10.1007/978-981-19-5327-9_8.
- [3] M. Rizki, E. Erwansyah, and I. Idiar, "Kekuatan Tarik yang Dipengaruhi Arah Susunan dan Fraksi Volume Serat Pelepah Nipah Pada Komposit Serat," *J. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 62–67, 2023, doi: 10.33504/jitt.v1i1.87.
- [4] N. Serat, W. Di, and C. Tio, "page 51-58," vol. 8, no. 1, pp. 51–58, 2026, doi: 10.20527/jtam.
- [5] M. Mukhlis, A. Seng, B. Tjiroso, M. Muzni Harbelubun, and K. Umar, "Perlakuan Serat Sabut Kelapa Dengan Asap Cair Sebagai Bahan Penguat Komposit Penyerap Suara," *J. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2025, doi: 10.33504/jitt.v3i1.238.
- [6] S. Sumardiono, I. Pudjihastuti, and R. Amalia, "Kajian Sifat Morfologi dan Mekanis Biofoam dari Tepung Tapioka dan Serat Limbah Batang Jagung," *Metana*, vol. 17, no. 1, pp. 22–26, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/metana/article/view/37911>
- [7] G. I. Huka and L. S. Loppies, "Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Serat Empulur Sagu untuk Aplikasi Pembuatan Komposisi Berbasis Serat Alam," *J. Mech. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 12–20, 2023.
- [8] D. E. N. Siagian and M. H. S. Putra, "Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan," *CIVeng J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 5, no. 1, pp. 55–60, 2024.
- [9] C. Pramono, S. Hastuti, D. I. Ivandiyanto, and A. A. Trihardanto, "Analisis Sifat Bending Dan Impak Komposit Berpenguat Serat Pohon Pisang," *Pros. Sains Nas. dan Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–18, 2019, doi: 10.36499/psnst.v1i1.2813.
- [10] M. S. Rasidi, L. C. Cheah, and A. M. Nasib, "Mechanical Properties and Biodegradability of Polylactic Acid/Acrylonitrile Butadiene Styrene with Cellulose Particle Isolated from *Nypa Fruticans* Husk," *Int. J. Automot. Mech. Eng.*, vol. 17, no. 4, pp. 8351–8359, 2020, doi: 10.15282/ijame.17.4.2020.11.0631.
- [11] A. Kurniawan *et al.*, "Studi Penyerapan Energi Beban Kejut Laminasi Komposit Epoxy-Karet,"

- J. Flywheel*, vol. 11, no. 2, pp. 1–5, 2020, doi: 10.36040/flywheel.v11i2.2843.
- [12] V. N. Garjati, V. Rizkia, N. A. Anggraeni, and Muslimin, “Studi Pengaruh Penambahan 5wt.% dan 10wt.% Serat Pelepeh Salak pada Manufaktur Komposit Epoxy berpenguat Serat Kevlar dan Serat Karbon dengan Metode Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM) untuk Aplikasi Rompi Tahan Peluru,” *J. Appl. Mech. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2023, doi: 10.31884/jamet.v2i2.32.
- [13] M. E. Rahmasita, M. Farid, and H. Ardhyanta, “Muthia Egi Rahmasita, Moh. Farid, Hosta Ardhyanta Departemen, ‘Analisa Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara,’” vol. 6, no. 2, 2017.
- [14] L. A. Salo and M. B. Palungan, “Pengaruh Durasi Pengasapan Terhadap Sifat Tarik Serat Tunggal dan Morfologi Permukaan Serat Pelepeh Aren (Arenga Pinnata),” vol. 5, no. 1, pp. 467–474, 2026.
- [15] S. Nayak and J. R. Mohanty, “Influence of chemical treatment on tensile strength, water absorption, surface morphology, and thermal analysis of areca sheath fibers,” *J. Nat. Fibers*, vol. 16, no. 4, pp. 589–599, 2019, doi: 10.1080/15440478.2018.1430650.
- [16] S. Siswanto, T. Wiyono, P. Heru Sudrago, and A. Rachmadi, “Studi Rekayasa Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Polyester Berpenguat Serat Ampas Tebu Dengan Menggunakan Silane Coupling Agent,” *Teknika*, vol. 8, no. 1, pp. 65–71, 2023, doi: 10.52561/teknika.v8i1.244.
- [17] Y. Zuriatni, M. Sofyan, P. S. Putri, A. Rokhman, and I. W. Kustanrika, “Analisis SEM-EDS Beton Normal yang Menggunakan Superplasticizer,” *Borneo Eng. J. Tek. Sipil*, vol. 7, no. 3, pp. 290–299, 2023, doi: 10.35334/be.v7i3.4927.
- [18] Kustomo, “Uji Karakterisasi dan Mapping Magnetit Nanopartikel Terlapisi Asam Humat dengan SEM-EDX,” *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 9, no. 3, pp. 149–153, 2020.
- [19] C. Ya’qub, P. Hartono, and I. Choirotin, “Analisis Serat Alam Sabut Kelapa Sebagai Material Komposit,” *Univ. Islam Malang*, pp. 251–257, 2023.
- [20] I. Nurul Hadi *et al.*, “Analisis Uji Tarik dan Impak Pada Komposit Sekam Padi Perlakuan NaOH dan Pengisi Plastik Polypropylene (PP) dengan Matriks Resin BQTN-157,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 2, pp. 155–162, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- [21] B. dan M. R. Ilham, “Sifat Kuat Tarik Material Komposit Hibrid Berpenguat Serat Ijuk Dan Sabut Kelapa Dengan Orientasi Serat Acak,” *J. Mek.*, vol. 10, no. 2, pp. 980–991, 2019.
- [22] F. R. G. Manalu and W. W. Basuki, “Rancang Bangun Alat Uji Kekuatan Material Polimer dan Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam,” *Cylind. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, 2025, doi: 10.25170/cylinder.v11i1.6648.
- [23] N. H. Sari, A. Dwi Catur, and A. Safii, “Komposit Epoksi Diperkuat Serat Corypha Utan: Karakterisasi Morpologi, Kekuatan Tarik Dan kekuatan Lentur,” *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 12, no. 1, p. 27, 2019, doi: 10.24843/jem.2019.v12.i01.p05.
- [24] S. Winanda, D. Ramadhanti, A. Ripaldo, S. S. Nopenti, Y. L. Anggrayni, and Y. L. Anggrayni, “Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Media Pengasapan Dalam Pembuatan Telur Asin Asap,” *J. Sains dan Teknol. Ind. Peternak.*, vol. 5, no. 2, pp. 109–116, 2025, doi: 10.55678/jstip.v5i2.2052.
- [25] D. Wijaya and S. Hidayat, “Effect of fibre volume fraction on hybrid composites of sugarcane fibre and coconut coir fibre on tensile strength,” *Pros. 13th Ind. Res. Work. Natl. Semin. Bandung*, pp. 78–83, 2022.
- [26] M. Muslimin, A. Seng, R. Aditiya, and R. Hartono, “Uji kinerja Alat Uji Tarik Berbasis digital Kapasitas 500 N,” *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 9, no. 02, pp. 15–19, 2022, doi: 10.35508/ljtmu.v9i02.8395.
- [27] D. Jiang, P. An, S. Cui, S. Sun, J. Zhang, and T. Tuo, “Effect of Modification Methods of Wheat Straw Fibers on Water Absorbency and Mechanical Properties of Wheat Straw Fiber Cement-Based Composites,” *Adv. Mater. Sci. Eng.*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/5031025.
- [28] G. Gundara, A. R. Ramadhan, and A. Wagiman, “Pengaruh Ukuran Serbuk Sabut Kelapa Bermatrix Polyester Terhadap Uji Bending dan Uji Scanning Electron Microscopy (SEM),” *J. Rekayasa Energi Manufaktur*, vol. 8, no. 1, pp. 2528–3723, 2023, [Online]. Available: <http://doi.org/10.21070/rem.v8i1.1658>
- [29] Zulkifli, I. B. Dharmawan, and W. Anhar, “Analisa pengaruh perlakuan kimia pada serat terhadap kekuatan impak charpy komposit serat sabut kelapa bermatriks epoxy Effect of chemical treatment of composite coir fiber with epoxy matrix on the Charpy impact strength,” *J. Polimesin*, vol. 18, no. 1, pp. 47–52, 2020, [Online]. Available: <https://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/polimesin/article/view/1583>