



KARAKTERISASI KETAHANAN THERMAL DAN MORFOLOGI SERAT PENNISETUM PURPUREUM DENGAN PERLAKUAN NAOH SEBAGAI KANDIDAT PENGUAT KOMPOSIT

THERMAL RESISTANCE AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF PENNISETUM PURPUREUM FIBERS TREATED WITH NAOH AS A COMPOSITE REINFORCEMENT CANDIDATE

Syahid Alawi^{1*}, Nasmi Herlina Sari², Pandri Pandiatmi³

¹⁻³)Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Indonesia

*Co-author : syahidddd17@gmail.com; n.herlinasari.ac.id

Article History:

Received : 16-06-2026
Revised : 24-06-2026
Accepted : 27-06-2026
Online : 28-06-2026

Keywords:

Composite;
Elephant grass fiber;
SEM;
TGA;
FTIR;

Kata Kunci:

Komposit;
Serat rumput gajah;
serat;
SEM;
TGA;

Abstract: Natural fibers are widely developed as composite reinforcing materials because they are environmentally friendly, lightweight, and have good mechanical potential. One of the natural fibers that has the potential to be used is elephant grass fiber (*Pennisetum purpureum*) because it has a high cellulose content and abundant availability. However, the content of lignin and hemicellulose on the surface of the fibers can affect the characteristics of the fibers so that alkaline treatment is required. This study aims to analyze the effect of variations in sodium hydroxide (NaOH) concentrations on the thermal characteristics, morphology, and chemical structure of elephant grass fibers. The research method used was an experimental method with 0%, 1%, and 3% NaOH treatment for 2 hours. Characterization was carried out using Thermogravimetric Analysis (TGA), Scanning Electron Microscope (SEM), and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). The results showed that alkaline treatment affects the thermal degradation pattern of fibers due to reduced hemicellulose and lignin. SEM observations showed that the fiber surface became rougher and cleaner after NaOH treatment, while FTIR results showed a change in function groups that indicated a reduction in non-cellulose components. The 3% NaOH treatment produced the most significant morphological changes, but began to show indications of damage to the fiber structure. Based on the results of the study, the alkaline treatment of NaOH affects the characteristics of elephant grass fibers so that it has the potential to be used as an environmentally friendly composite reinforcement material.

Abstrak: Serat alam banyak dikembangkan sebagai material penguat komposit karena bersifat ramah lingkungan, ringan, dan memiliki potensi mekanik yang baik. Salah satu serat alam yang berpotensi digunakan adalah serat rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) karena memiliki kandungan selulosa tinggi dan ketersediaan yang melimpah. Namun, kandungan lignin dan hemiselulosa pada permukaan serat dapat mempengaruhi karakteristik serat sehingga diperlukan perlakuan alkali. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi natrium hidroksida (NaOH) terhadap karakteristik termal, morfologi, dan struktur kimia serat rumput gajah. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan perlakuan NaOH 0%, 1%, dan 3% selama 2 jam. Karakterisasi dilakukan menggunakan Thermogravimetric Analysis (TGA), Scanning Electron Microscope (SEM), dan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan alkali memengaruhi pola degradasi termal serat akibat berkurangnya hemiselulosa dan lignin. Pengamatan SEM menunjukkan permukaan serat menjadi lebih kasar dan bersih setelah perlakuan NaOH, sedangkan hasil FTIR menunjukkan adanya perubahan gugus fungsi yang menandakan berkurangnya komponen non-selulosa.



Perlakuan NaOH 3% menghasilkan perubahan morfologi paling signifikan, namun mulai menunjukkan indikasi kerusakan struktur serat. Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan alkali NaOH berpengaruh terhadap karakteristik serat rumput gajah sehingga berpotensi sebagai material penguat komposit ramah lingkungan.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

Dalam beberapa dekade terakhir, permintaan terhadap material yang ramah lingkungan semakin meningkat yang menyebabkan serat alam semakin menjadi pilihan utama dibandingkan serat sintesis. Serat alam tersusun dari komponen yang diambil langsung dari sumber alam, seperti tumbuhan dan hewan (Siagian et al., 2024). Serat ini memiliki berbagai keunggulan, antara lain sifat yang ringan, kekakuan spesifik yang tinggi dan biaya yang murah (Karthik et al., 2024; Ntsie et al., 2025). Selain itu, serat alami memiliki keunggulan seperti densitas yang rendah, kekakuan spesifik yang tinggi, performa mekanik yang baik sifat *biodegradable*, ramah lingkungan, tidak bersifat toksik, serta kemampuan yang baik dalam memberikan isolasi termal dan akustik. Sifat-sifat ini menjadikan serat alam sebagai solusi strategi bagi pengembangan material yang berkelanjutan di berbagai industri (Liao et al., 2024).

Salah satu sumber serat alam yang potensial adalah rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). Tanaman ini memiliki tingkat produktivitas dan reproduksi yang tinggi dan tahan pada berbagai kondisi tanah dan iklim (Faruq et al., 2025). Berdasarkan data dari Ariyanto et al., (2020), produksi tahunan rumput gajah di Indonesia dapat mencapai 20 hingga 30 ton per hektar. Maka dari itu, dengan ketersediaan produksi rumput gajah yang melimpah dan belum dimanfaatkan dengan maksimal, serat rumput gajah dapat dijadikan sebagai *filler* atau serat penguat komposit.

Serat dari rumput gajah mengandung kadar serat kasar yang tinggi yang terdiri atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Megawati, 2024; Ridzuan et al., 2016). Pada penelitian Elayaraja dan Rajamurugan (2024) mengatakan perlakuan kimia dapat meningkatkan kompatibilitas serat rumput gajah. Proses modifikasi ini dengan perlakuan alkali (NaOH) mampu meningkatkan kandungan selulosa dengan menghilangkan hemiselulosa dan lignin dari serat, yang secara tidak langsung memberikan pengaruh terhadap sifat mekanik dan serat termal. Dalam penelitian Anggrainya et al., (2021), dengan memvariasikan konsentrasi alkali sebesar 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% mengatakan bahwa variasi konsentrasi NaOH dapat meningkatkan ketahanan termal dimana perlakuan alkali 8% memiliki ketahanan termal paling tinggi sebesar 265,9°C dibandingkan dengan perlakuan alkali 0% adalah 258,90°C, dengan perlakuan alkali 2% adalah 259,50°C, dengan perlakuan alkali 4% adalah 260,30°C dan dengan perlakuan alkali 6% adalah 264,0°C.

Penelitian Witono et al., (2013) yang memvariasikan konsentrasi alkali 2,5 %, 5% dan 7,5% mengatakan bahwa morfologi serat mendong yang mengalami perlakuan alkali (NaOH) terlihat lebih kasar daripada serat mendong yang belum mengalami perlakuan alkali (NaOH) dan semakin tinggi kadar NaOH maka semakin kasar serat mendong tersebut. Selaras dengan penelitian Milawarni et al., (2023), dengan memvariasikan konsentrasi tanpa perlakuan, 2%, 3% dan 4% bahwa NaOH 4% menunjukkan kekasaran, lubang-lubang kecil dan sobekan pada permukaannya. Hal ini menunjukkan terjadinya degradasi pengotor termasuk lignin sehingga dapat meningkatkan kapasitas penyerapan serat. Selain meningkatkan karakteristik fisik permukaan serat, perlakuan alkali juga dapat memengaruhi struktur kimia material lignoselulosa. Pengujian FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi khas material lignoselulosa melalui puncak serapan inframerah sehingga perubahan struktur kimia serat dapat dianalisis lebih lanjut.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi perlakuan alkali natrium hidroksida (NaOH) terhadap ketahanan termal dan morfologi serat rumput gajah.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan melakukan perlakuan langsung terhadap serat untuk mengetahui efektivitas variasi konsentrasi larutan Natrium Hidroksida (NaOH) terhadap karakteristik serat rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). Tujuan dari eksperimen ini adalah membandingkan hasil ketahanan termal, struktur morfologi, dan gugus fungsi kimia serat yang diperoleh dari tiga perlakuan berbeda, yaitu konsentrasi alkali sebesar 0%, 1%, dan 3%.

1. Material

Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) (**Gambar 1**) adalah tanaman yang bisa tumbuh dengan baik di daerah yang memiliki sedikit nutrisi. Rumput gajah dapat tumbuh di tanah yang kurang subur atau tanah yang memiliki kandungan unsur hara yang rendah. Salah satu kelebihan rumput gajah adalah memiliki akar yang tumbuh dari buku-buku batang yang merayap di dalam tanah. Dengan adanya akar di dalam tanah, rumput gajah dapat membantu menutupi tanah dengan lebih cepat. Akar rumput gajah berbentuk serabut. Rumput gajah juga memiliki produktivitas yang tinggi dan kandungan selulosa yang cukup besar. Karena itu, rumput gajah berpotensi menjadi sumber serat alam yang sangat bermanfaat untuk berbagai aplikasi material teknik.

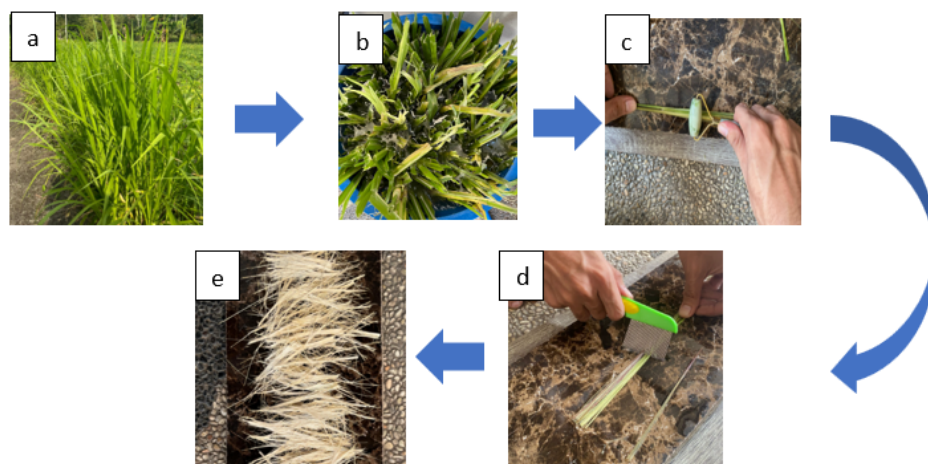


Gambar 1. Rumput gajah (*Pennisetum purpureum*)

Natrium Hidroksida merupakan senyawa kimia yang bersifat basa (alkali) dan berperan dalam membersihkan serta menghilangkan berbagai zat atau kotoran yang menempel pada serat. Selain itu, senyawa ini juga mampu memodifikasi struktur penguat kristal sehingga sifat hidrofiliknya berkurang, kristalisasi serat meningkat, dan daya rekat antara serat dengan matriks menjadi lebih optimal (Alshammari et al., 2019)

2. Ekstraksi

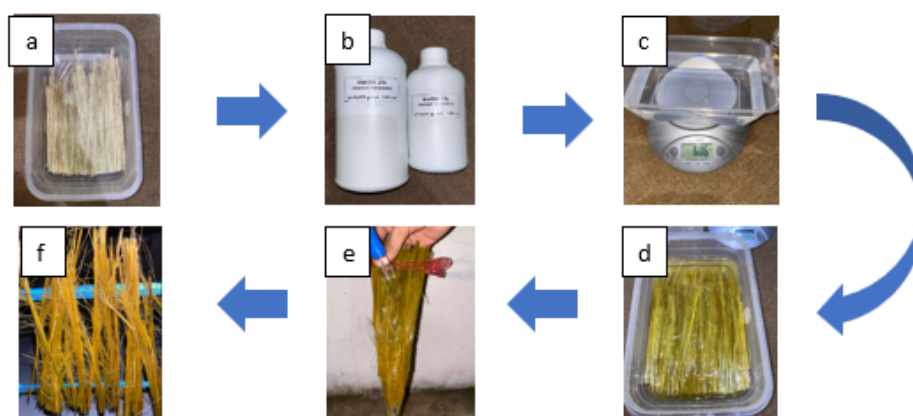
Proses ekstraksi merupakan salah satu cara untuk mendapatkan serat selulosa murni yang ditunjukkan dalam **Gambar 2**. Proses diawali dengan pengambilan rumput gajah segar di lahan (**Gambar 2a**), kemudian dilakukan pencucian lalu merendam tanaman dengan air biasa selama 3 hari berfungsi untuk melunakkan batang rumput gajah (**Gambar 2b**), kemudian memotong batang tanaman sepanjang 5 cm dan diroll untuk memisahkan kulit dan daging batang (**Gambar 2c**), kemudian batang disisir serat menggunakan sisir kudu hal ini dilakukan agar serat yang diperoleh seragam dan untuk memisahkan lignin selulosa dan hemiselulosa yang masih tersisa di serat (**Gambar 2d**), kemudian dilakukan pengeringan dengan cara di angin-angin (**Gambar 2e**).



Gambar 2. Ekstraksi serat menggunakan metode mekanis: (a) rumput gajah, (b) proses pencucian tanaman, (c) proses roll batang, (d) proses pemisahan kulit dan daging tanaman dengan cara penyisiran, (e) proses pengeringan serat.

3. Perlakuan Alkali NaOH

Perlakuan alkali (NaOH) pada serat dengan merendam serat alami dalam larutan (NaOH) ditunjukkan **Gambar 3** (Sinaga & Harijono, 2025). Proses diawali dengan (Gambar 3a) Serat dari rumput gajah dilakukan perlakuan alkali (NaOH) dengan larutan (Gambar 3b) NaOH 1% dan NaOH 3% (Gambar 3c), kemudian mencampur kedua larutan bahan selama 2 jam (Gambar 3d), kemudian serat kemudian dibilas dengan air bersih yang mengalir hingga netral ($\text{pH} \pm 7$) (Gambar 3e), lalu dikeringkan pada suhu ruangan selama 24 jam hingga kadar air hilang (Gambar 3f). Lakukan hal yang sama untuk konsentrasi 3% NaOH.



Gambar 3. Proses perlakuan dengan alkali: (a) serat rumput gajah, (b) larutan NaOH, (c) proses pengukuran bahan larutan, (d) perendaman selama 2 jam, (e) dibilas dengan air, (f) proses pengeringan.

4. Pengujian *Thermogravimetric Analysis* (TGA)

Thermogravimetric Analysis (TGA) merupakan salah satu metode karakterisasi material yang digunakan untuk menganalisis perubahan kimia, fisik, dan struktural akibat variasi temperatur (Nurazzi dkk., 2021). Prinsip dasar metode ini adalah mengukur penurunan massa material secara kontinu saat dipanaskan dari suhu kamar hingga suhu tinggi, umumnya mencapai sekitar 900°C . Pengujian dilakukan dilengkapi dengan timbangan mikro, sehingga perubahan massa sampel dapat terekam secara otomatis dan disajikan dalam bentuk kurva termogram. Melalui kurva tersebut, dapat

diamati bahwa pada temperatur tertentu material mengalami kehilangan massa yang signifikan akibat proses seperti penguapan air, dekomposisi komponen, hingga pembentukan residu. Selain itu, TGA juga mampu mengidentifikasi kandungan air yang hilang selama pemanasan (*mass change*) serta massa residu akhir (*residual mass*) yang berkaitan dengan kadar abu dalam material (Prasetyo et al., 2024; Suhada et al., 2023). Alat Uji TGA ditunjukkan oleh **Gambar 4**.



Gambar 4. *Thermogravimetric Analysis (TGA)*

5. Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran permukaan suatu sampel (Septiano & Setyaningsih, 2021). Pembesaran yang digunakan untuk identifikasi morfologi adalah 100x, 300x, 500x dan 1000x. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tampak permukaan serat setelah diberikan perlakuan NaOH, dilakukan pembesaran hingga mendapatkan gambar yang jelas. Alat Uji SEM ditunjukkan oleh **Gambar 5**.

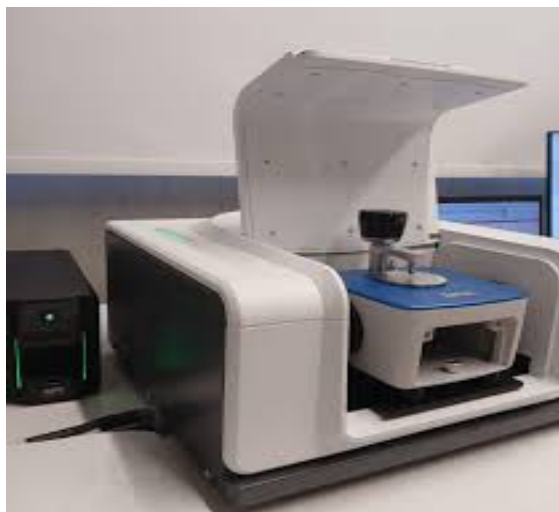


Gambar 5. Alat Uji SEM

6. Pengujian FTIR (*Fourier-transform Infrared Spectroscopy*)

FTIR (*Fourier-transform Infrared Spectroscopy*) adalah metode *spektroskopi* yang sering digunakan untuk mempelajari getaran molekul, yang berguna dalam mengenali dan memprediksi struktur berbagai senyawa kimia. Teknik ini beroperasi dengan cara menyerap radiasi inframerah untuk mengidentifikasi gugus fungsi, menentukan jenis senyawa, dan menganalisis campuran sampel tanpa merusak bahan yang diuji. Karakterisasi yang memanfaatkan FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang ada melalui pengamatan dan analisis puncak pada spektrum FTIR. Nilai puncak yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan area penyerapan gugus fungsi dalam

tabel FTIR, sehingga dapat diidentifikasi jenis gugus fungsi pada sampel. Alat Uji FTIR ditunjukkan oleh **Gambar 6**.



Gambar 6. FTIR (*Fourier-transform Infrared Spectroscopy*)

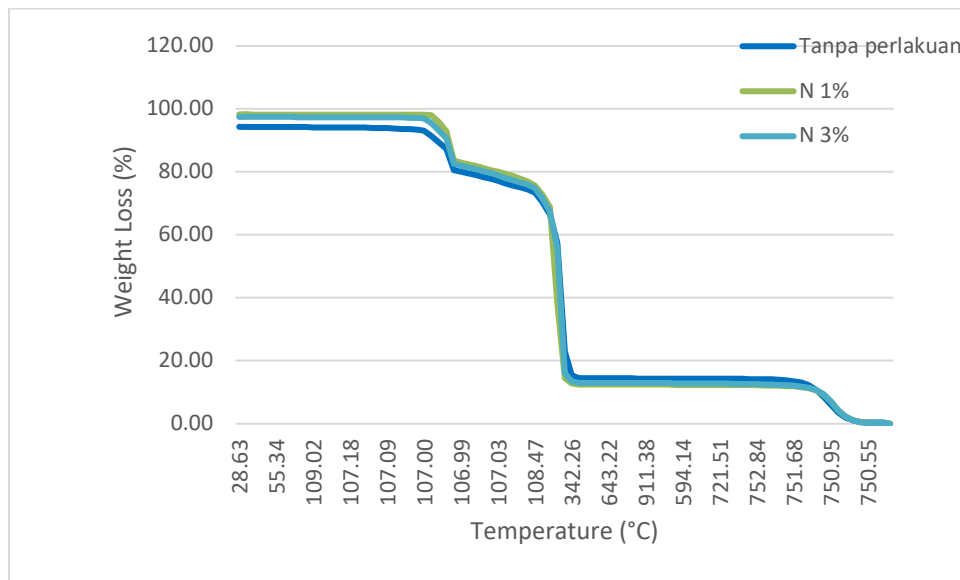
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa *Thermogravimetric Analysis* (TGA)

Berdasarkan kurva *Thermogravimetric Analysis* (TGA), perilaku dekomposisi termal serat *Pennisetum purpureum* hingga suhu 700°C secara konsisten terbagi menjadi empat tahapan degradasi fungsional yang dipengaruhi oleh variasi konsentrasi alkali. Tahap pertama (30–100°C) merepresentasikan penguapan air terikat, di mana retensi residu massa pada sampel NaOH 1% dan 3% terdeteksi lebih tinggi daripada control (**Gambar 7**). Hal ini mengindikasikan transisi serat menuju sifat yang lebih hidrofobik akibat pelepasan gugus hidroksil bebas dari fase amorf, sebuah karakteristik hidrofobisitas yang menguntungkan dalam rekayasa infrastruktur biosistem guna memitigasi risiko pembusukan material akibat kelembapan lapangan (Manso et al., 2025).

Pada tahap kedua (100–250°C), terjadi degradasi termal awal yang didominasi oleh dekomposisi komponen amorf berstabilitas panas rendah, yaitu hemiselulosa. Penurunan massa yang lebih signifikan pada perlakuan alkali, khususnya NaOH 1%, membuktikan efektivitas larutan basa dalam melarutkan fraksi pengotor hemiselulosa dan lignin penutup serat. Memasuki fase degradasi utama (250–350°C), terjadi dekomposisi pirolisis radikal pada selulosa yang memicu penurunan bobot secara drastis. Pada fase ini, sampel NaOH 1% mencatat laju degradasi tercepat akibat hilangnya matriks pelindung amorf yang meningkatkan indeks kristalinitas selulosa murni, selaras dengan karakteristik dekomposisi termal serat *Pennisetum purpureum* yang dikaji oleh Ridzuan et al., (2016). Sebaliknya, perlakuan NaOH 3% menunjukkan stabilitas panas yang relatif lebih baik daripada 1%, meskipun dekonstruksi kimia yang terlalu pekat berisiko memicu penurunan ketahanan termal awal akibat rusaknya integritas struktur dinding sel penyusun serat.

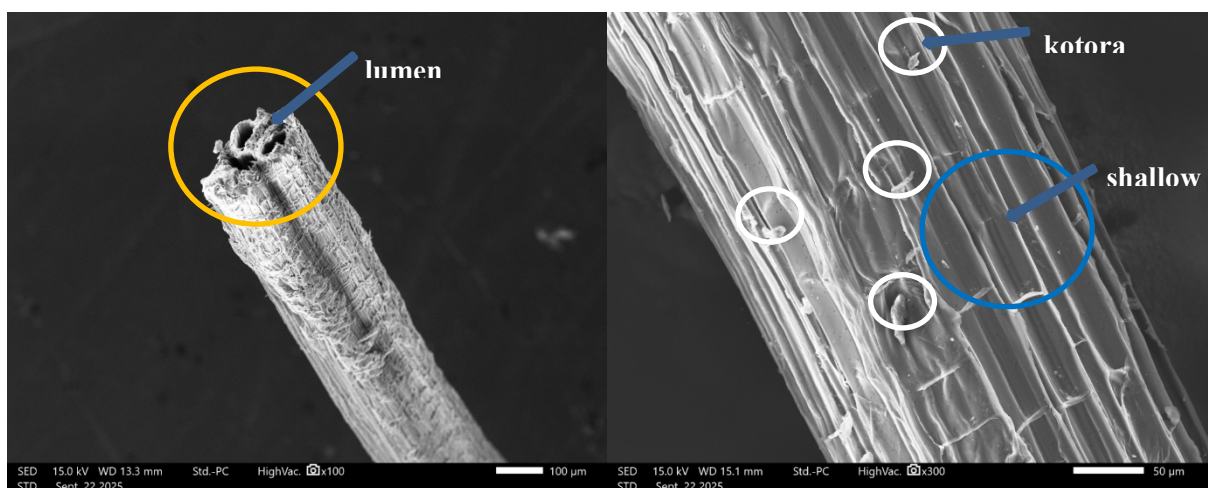
Terakhir, pada rentang 350–700°C, kurva mencapai kondisi konstan yang menyisakan residu abu dan lignin. Sampel tanpa perlakuan (0%) mempertahankan kuantitas residu tertinggi karena komponen lignin yang memiliki ketahanan termal superior belum terdegradasi oleh alkali. Dari kacamata Teknik Pertanian dan Biosistem, pemetaan data TGA hingga batas suhu 350°C ini memegang peranan krusial sebagai parameter penentu batas aman pemrosesan termal (*thermal processing window*) sebelum serat diintegrasikan ke dalam matriks penguat (Nurazzi et al., 2021). Kepastian batasan termal ini menjamin bahwa saat serat pertanian ini dicetak menggunakan mesin ekstrusi polimer atau kempa panas (*hot-pressing*) menjadi komponen alsin atau panel struktural, material tidak akan mengalami arang (*charring*) sehingga durabilitas mekanis produk komposit akhir tetap terjaga secara optimal.



Gambar 7. Analisis Termogravimetric Analysis (TGA) rumput gajah.

2. Analisa Morfologi menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy)

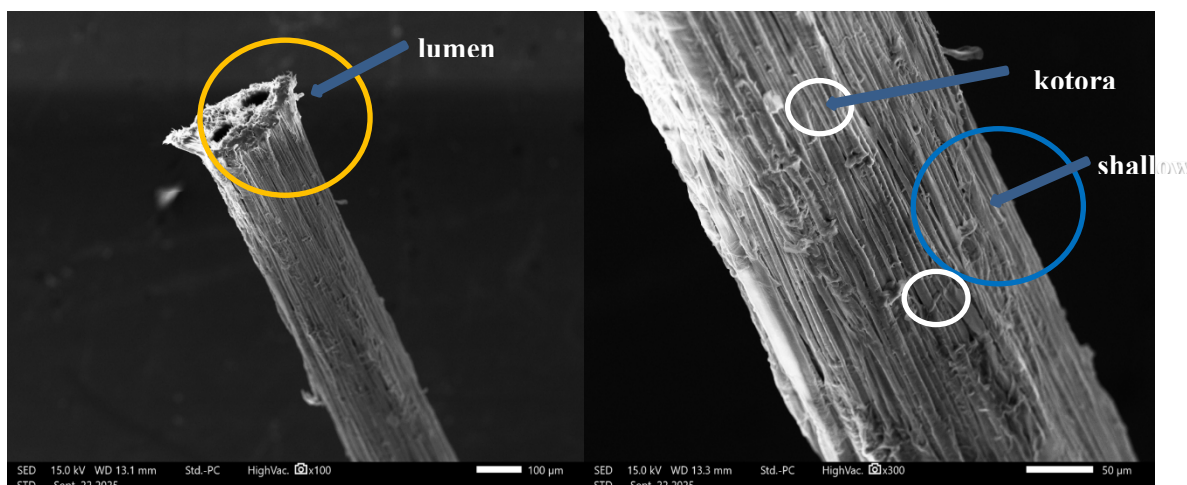
Gambar 8 Hasil pengamatan morfologi menggunakan SEM pada serat *Pennisetum purpureum* menunjukkan struktur khas serat lignoselulosa, terlihat struktur alami serat yang masih utuh. Pada bagian lingkaran kuning, lumen terlihat besar dan terbuka karena dinding sel belum mengalami perubahan akibat perlakuan kimia, sedangkan pada lingkaran biru menunjukkan dinding sel yang masih dilapisi lignin, selulosa, dan hemiselulosa dengan permukaan yang relatif halus, struktur ini tampak memanjang dan sejajar mengikuti arah serat. Sementara itu, pada lingkaran putih masih tampak banyak pengotor dan sisa jaringan tanaman yang menempel pada permukaan serat.



Gambar 8. Gambar SEM Morfologi Tanpa Perlakuan

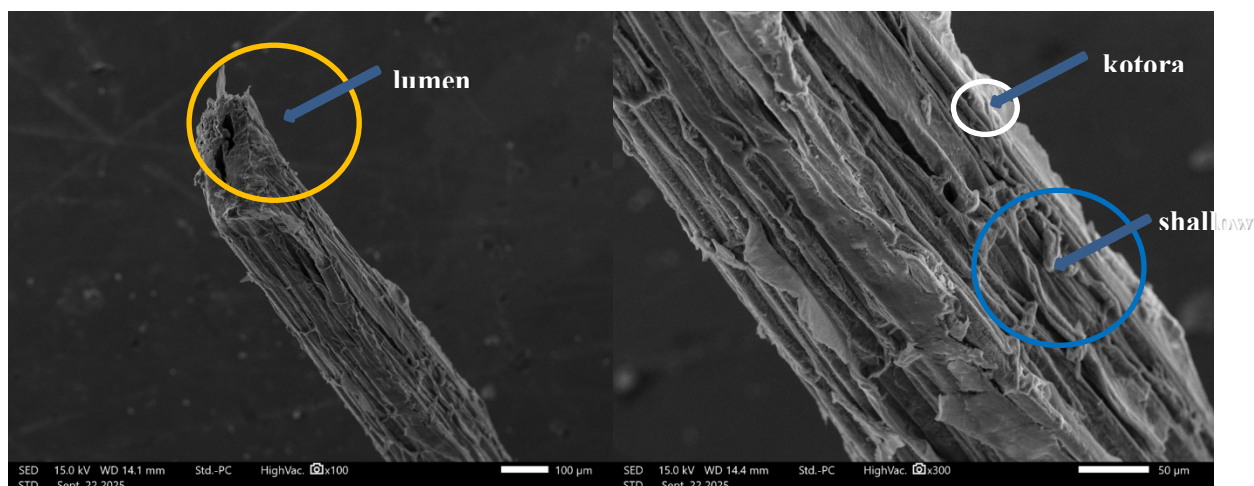
Gambar 9 menunjukkan morfologi serat rumput gajah dengan perlakuan variasi konsentrasi alkali natrium hidroksida dimana alkali tersebut dapat mempengaruhi morfologi atau kualitas permukaan serat. Serat tersebut dilakukan tanpa dan dengan perlakuan alkali natrium hidroksida selama 2 jam. Perendaman alkali tersebut dapat membuat penyusun non-selulosa seperti hemiselulosa, lignin, dan pektin dari permukaan serat sehingga adhesi antara serat dan matrik (resin epoksi) meningkat bisa terlihat adanya perbedaan antara morfologi serat sebelum dengan setelah mengalami perlakuan alkali (NaOH) (Kusmiran et al., 2020). Hasil SEM Morfologi serat *Pennisetum purpureum* setelah perlakuan alkali NaOH 1% menunjukkan adanya beberapa perubahan yang terjadi pada serat tanpa perlakuan dengan serat yang diberikan perlakuan NaOH

1%. Pada perlakuan NaOH 1% morfologi serat mulai mengalami perubahan dimana pada lingkaran kuning lumen tampak sedikit mengecil akibat pelarutan sebagian lignin dan hemiselulosa, namun struktur serat masih cukup stabil. Sedangkan pada lingkaran biru menunjukkan permukaan serat menjadi lebih kasar dan lebih teratur karena mulai terjadi fibrilasi yang membuat mikro fibril selulosa lebih terlihat. Pada lingkaran putih, jumlah pengotor mulai berkurang dibandingkan serat tanpa perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan NaOH 1% cukup efektif membersihkan residu lignin dan hemiselulosa pada permukaan serat.



Gambar 9. SEM Morfologi Dengan Perlakuan Alkali NaOH 1%

Gambar 10 Hasil SEM pada serat *Pennisetum purpureum* yang telah diberi perlakuan NaOH 3% memiliki perubahan yang lebih besar dibandingkan serat yang tidak diberi perlakuan dan NaOH 1%. Lingkaran kuning menunjukkan bahwa lumen menjadi lebih kecil dan mengalami deformasi karena lignin dan hemiselulosa mulai larut lebih banyak. Hal ini mengindikasikan bahwa NaOH melarutkan lebih banyak lignin dan hemiselulosa sehingga dinding sel mengalami degradasi dan kerusakan. Lingkaran biru menunjukkan bahwa permukaan serat menjadi lebih kasar dan tidak teratur karena fibrilasi yang lebih tinggi, sehingga mikro fibril selulosa menjadi lebih jelas. Namun, mulai terlihat tanda-tanda kerusakan pada struktur permukaan serat akibat perlakuan alkali yang lebih tinggi. Lingkaran putih menunjukkan pengotor yang tersisa jauh lebih sedikit dibandingkan serat tanpa perlakuan dan serat dengan perlakuan NaOH 1%.



Gambar 10. SEM Morfologi Dengan Perlakuan Alkali NaOH 3%

3. Analisa FTIR

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui perubahan kimia pada sampel setelah diberi perlakuan alkali dengan NaOH 1% dan NaOH 3% (**Gambar 11**). Dari hasil spektrum FTIR pada sampel tanpa perlakuan, NaOH 1%, dan NaOH 3%, terlihat beberapa puncak yang menunjukkan adanya gugus fungsi seperti hidroksil (-OH), karbonil (C=O), serta C-H dan C-O (**Tabel 1**). Gugus-gugus fungsi ini merupakan ciri khas material lignoselulosa.

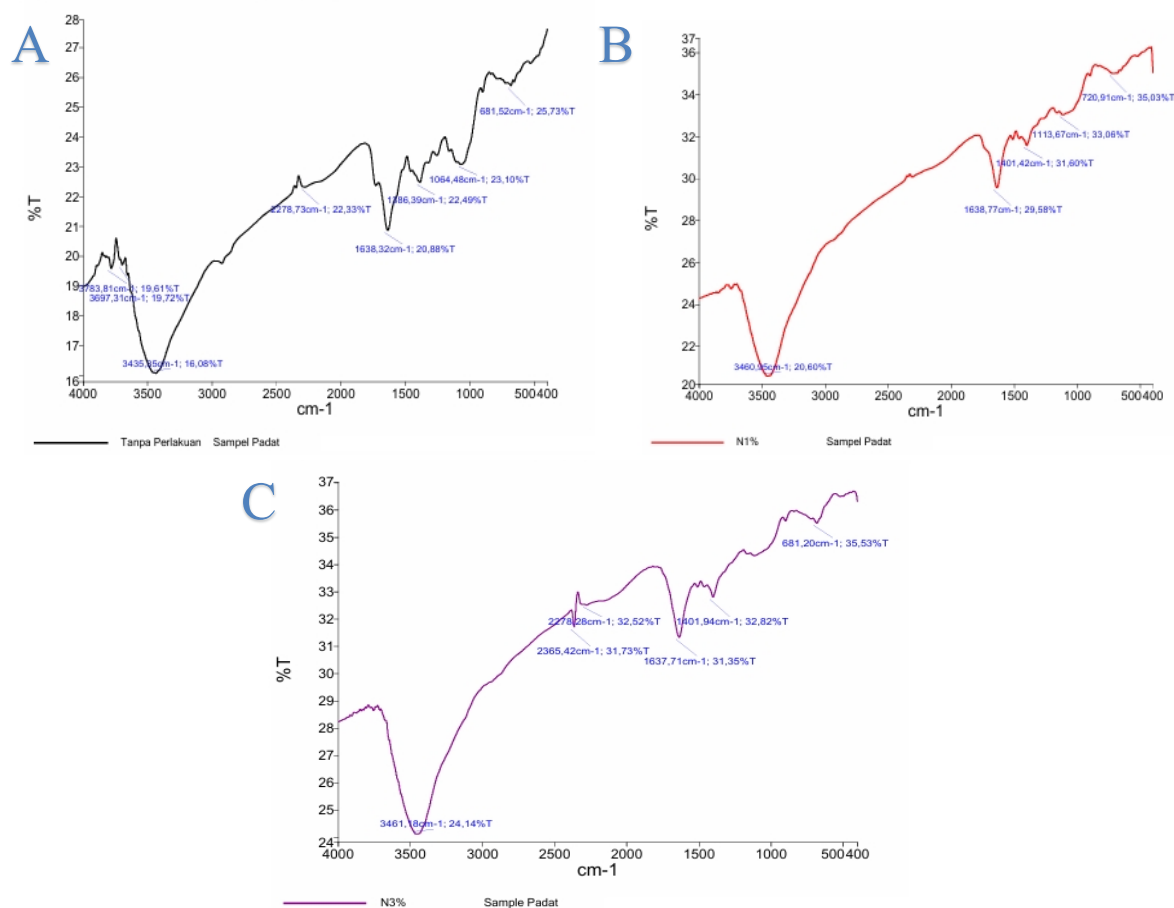
Pada Gambar 11(A) terlihat spektrum FTIR serat *Pennisetum purpureum* tanpa perlakuan alkali. Spektrum ini masih menunjukkan adanya gugus fungsi khas material lignoselulosa. Puncak serapan sekitar 3435 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus hidroksil (-OH). Lalu, puncak pada 1638 cm^{-1} dan 1386 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus karbonil (C=O), gugus C-H , dan gugus C-O .

Dengan demikian, bisa dikatakan bahwa kandungan lignin dan hemiselulosa pada serat masih relatif tinggi.

Sedangkan pada Gambar 11(B), setelah diberi perlakuan NaOH 1%, posisi puncak gugus -OH bergeser ke sekitar 3460 cm^{-1} . Selain itu, terjadi juga perubahan pada bagian serapan C-O . Hal ini menunjukkan bahwa sebagian lignin dan hemiselulosa sudah terlepas. Akibatnya, struktur selulosa menjadi lebih terlihat. Artinya, perlakuan NaOH 1% sudah cukup efektif untuk membersihkan permukaan serat.

Sementara itu, pada Gambar 11(C) dengan perlakuan NaOH 3%, perubahan spektrum terlihat lebih jelas dibandingkan sampel sebelumnya. Pergeseran dan hilangnya beberapa puncak serapan menunjukkan bahwa pelarutan komponen non-selulosa berlangsung lebih intensif. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan NaOH 3% menghasilkan modifikasi kimia permukaan serat yang lebih besar, sehingga selulosa semakin dominan meskipun mulai menunjukkan perubahan struktur yang lebih signifikan.

Transformasi gugus fungsi kimia ini krusial sebagai indikator rekayasa antarmuka (*interfacial engineering*) kandidat penguat komposit. Efektivitas dekonstruksi komponen amorf (lignin dan hemiselulosa) yang optimal pada NaOH 1% terbukti membuka akses permukaan selulosa murni secara ideal guna memicu kuncian mekanis (*mechanical interlocking*) yang kuat dengan matriks polimer. Berbeda dengan ekstraksi fisik serat *Cissus sicyoides* yang cenderung mempertahankan stabilitas gugus amorf aslinya (Apriandi dkk., 2025), modifikasi kimia terukur pada serat *Pennisetum purpureum* ini memberikan kepastian parameter hulu yang valid untuk menghasilkan komposit struktural lokal penunjang komponen alat mesin pertanian atau fasilitas biosistem yang tangguh dan bermutu tinggi.



Gambar 11. FTIR, Sampel serat *Pennisetum Purpureum*. (A) Tanpa perlakuan, (B) NaOH 1% dan (C) NaOH 3%.

Tabel 1. Gugus Fungsi Serat

Tanpa perlakuan	Wave Number (cm ⁻¹)		penugasan
	NaOH 1%	NaOH 3%	
3435	3460	3461	Keberadaan gugus hidroksil (-OH)
2278	-	2365	Menunjukkan kemungkinan adanya kontaminasi CO ₂ atau senyawa minor lain
1638	1638	1637	Keberadaan gugus karbonil (C=O)
1386	1401	1401	Berhubungan dengan gugus C-H dan C-O
1064	1113	-	C-O <i>Stretching</i> dari alkohol atau ester
681	720	681	<i>Out-of-plane bending</i> dari C-H aromatik

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil eksperimen karakterisasi, modifikasi alkali terbukti memberikan dampak signifikan terhadap struktur kimia permukaan, topografi morfologi mikroskopis, serta pola ketahanan termal serat rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). Pengujian FTIR dan SEM mengonfirmasi bahwa perlakuan NaOH 1% selama 2 jam merupakan parameter optimum yang efektif melarutkan fraksi pengotor amorf (hemiselulosa dan lignin) serta menginduksi fibrilasi

permukaan serat yang bersih dan kasar, yang sangat menguntungkan untuk meningkatkan adhesi antarmuka dengan matriks polimer. Selaras dengan hal tersebut, analisis termal via TGA menunjukkan bahwa serat hasil perlakuan NaOH 1% ini memiliki profil degradasi paling stabil dengan perluasan jendela batas aman pemrosesan panas (*thermal processing window*) sebelum mengalami pengarang. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi hingga NaOH 3% terdeteksi terlalu agresif karena memicu deformasi lumen serta degradasi dini pada integritas dinding sel serat. Secara keseluruhan, pembersihan pengotor terkontrol melalui perlakuan NaOH 1% sukses mengonfirmasi kualifikasi hulu serat *Pennisetum purpureum* sebagai kandidat penguat material biokomposit struktural yang kompetitif dan ramah lingkungan.

Guna menindaklanjuti potensi rekayasa material ini ke arah hilirisasi praktis, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas ruang lingkup pengujian fisik, mekanis, dan manufaktur produk. Disarankan untuk melakukan evaluasi kuantitatif tingkat lanjut terhadap performa mekanis serat tunggal pasca-perlakuan alkali, seperti uji kekuatan tarik (*tensile test*) dan uji kekuatan lentur (*bending test*), guna memetakan batas elastisitas murni material secara presisi. Lebih lanjut, tahapan fabrikasi produk struktural harus direalisasikan dengan mengintegrasikan serat *Pennisetum purpureum* kondisi optimum hasil perlakuan NaOH 1% ini ke dalam matriks resin polimer poliester atau epoksi menggunakan metode kempa panas (*hot-pressing*) atau ekstrusi. Melalui langkah tersebut, ikatan mekanis antarmuka (*interfacial mechanical bonding*), durabilitas struktural, serta kinerja fungsional dari produk komposit hijau ini dapat diuji dan divalidasi secara langsung untuk menunjang aplikasi teknologi alat mesin pertanian maupun infrastruktur teknik biosistem di lapangan.

DAFTAR RUJUKAN

- Alshammari, B. A., Saba, N., Alotaibi, M. D., Alotibi, M. F., Jawaid, M., & Alothman, O. Y. (2019). Evaluation of Mechanical, Physical, and Morphological Properties of Epoxy Composites Reinforced With Different Date Palm Fillers. *Materials*, 12(13). <https://doi.org/10.3390/ma12132145>
- Anggrainya, R., Wirawan, R., & Dwiyati, S. T. (2021). *Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Sifat Termal Komposit Eceng Gondok dan Carbon Nanotube (CNT) dalam Matriks HDPE*. 3.
- Apriandi, M. I., Sari, N. H., & Sinarep. (2025). Karakteristik Sifat Fisik Mekanik Dan Kimia *Cissus Sicyoides* Dan Kompositnya. *Protech Biosystems Journal*, 5(1), 1-11. <https://doi.org/10.31764/protech.v5i1.101215>
- Ariyanto, B. F., Luklukyah, , Zahrotul, & Rahayu, T. P. (2020). *Pertumbuhan Tanaman Rumput Gajah (Pennisetum purpureum) yang Diberi Penambahan Pupuk Kandang Kambing*. 4(1), 413.
- Elayaraja, R., & Rajamurugan, G. (2024). Chemical treatment effects on compatibility and characteristics of *Pennisetum purpureum* fibers for composite reinforcement. *Journal of Natural Fibers*, 21(1), 105-118.
- Fachrully Septiano, A., & Erna Setyaningsih, N. (2021). Analisis Citra Hasil Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray (SEM EDX) Komposit Resin Timbal dengan Metode Contrast to Noise Ratio (CNR). Dalam *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences* (Vol. 44, Nomor 2). <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>
- Faruq, M. U. Al, Kusumantoro, H. R., & Pratama, Y. P. (2025). Pengaruh Konsentrasi Na_2CO_3 Terhadap Daya Serap Tisu Dan Kadar Pulp Berbahan Serat Rumput Gajah. *Jurnal Inkofar*, 9.
- Karthik, K., RAJAMANIKKAM, R. kumar, VENKATESAN, E. P., BISHWAKARMA, S., KRISHNAIAH, R., SALEEL, C. A., SOUDAGAR, M. E. M., KALAM, M. A., ALI, M. M., & BASHIR, M. N. (2024). State of the Art: Natural fibre-reinforced composites in advanced development and their physical/chemical/mechanical properties. Dalam *Chinese Journal of Analytical Chemistry* (Vol. 52, Nomor 7). Chinese Academy of Sciences. <https://doi.org/10.1016/j.cjac.2024.100415>
- Kusmiran, A., Suwandi, N., & Rita Desiasni, dan. (2020). *Analisis Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida terhadap Sifat Mekanik Biokomposit Berpenguat Serat Sisal*. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jf/index>
- Liao, Z., Hu, Y., Shen, Y., Chen, K., Qiu, C., Yang, J., & Yang, L. (2024). Investigation into the Reinforcement Modification of Natural Plant Fibers and the Sustainable Development of Thermoplastic Natural Plant Fiber Composites. Dalam *Polymers* (Vol. 16, Nomor 24). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/polym16243568>
- Manso, A., Garcés, J. I., & Pérez, R. (2025). Thermal insulation and hygroscopic behavior of bio-based composites from agricultural biomass for agricultural infrastructure. *Energies*, 18(3), 636. <https://doi.org/10.3390/en18030636>
- Megawati. (2024). *Kandungan Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin Rumput Gajah Unggul Hasil Mutasi Genetik (Biograss, Biovitae, Bionutris, dan Gama Umami) Yang Ditanam Di Lahan Pastura*.

- Milawarni, M., Aprilia, S., Idris, N., Elfiana, E., & Yassir, Y. (2023). Analysis of the Effect of Concentration of Sodium Hydroxide (NaOH) on Alkalization Process as Composite Reinforcement on Tensile Strength of Single Fiber Rice Straw. *AIP Conference Proceedings*, 2613. <https://doi.org/10.1063/5.0120248>
- Ntsie, O. D., Phiri, R., Boonyasopon, P., Rangappa, S. M., & Siengchin, S. (2025). Advancing sustainable infrastructure: natural fiber-reinforced composites in engineering. *Discover Applied Sciences*, 7(8). <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07266-w>
- Nurazzi, N. M., Asyraf, M. R. M., Rayung, M., Norrrahim, M. N. F., Shazleen, S. S., Rani, M. S. A., Shafi, A. R., Aisyah, H. A., Radzi, M. H. M., Sabaruddin, F. A., Ilyas, R. A., Zainudin, E. S., & Abdan, K. (2021). Thermogravimetric Analysis Properties of Cellulosic Natural Fiber Polymer Composites: A Review On influence of Chemical Treatments. *Polymers*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/polym13162710>
- Prasetyo, M. Y., Hendri, M., & Shiyan, S. (2024). Analisis Thermogravimetri dan Sifat Mekanis Edible Film Rumput Laut Gracillaria sp. Sebagai Bahan Alternatif Bioplastik. *Jurnal Penelitian Sains*, 26(2), 147. <https://doi.org/10.56064/jps.v26i2.1016>
- Ridzuan, M. J. M., Abdul Majid, M. S., Afendi, M., Aqmariah Kanafiah, S. N., Zahri, J. M., & Gibson, A. G. (2016). Characterisation of natural cellulosic fibre from Pennisetum purpureum stem as potential reinforcement of polymer composites. *Materials & Design*, 89, 839–847. <https://doi.org/10.1016/J.MATDES.2015.10.052>
- Siagian, D. E. N., Hakiem, M., & Putra, S. (2024). Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan Natural Fiber As An Environmentally Friendly Composite Material. Dalam *Hal* (Vol. 5, Nomor 1). <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/civeng>
- Sinaga, F. H., & Harijono, A. (2025). Pengaruh Waktu Dan Konsentrasi Alkalisasi Terhadap Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas Dengan Matriks Epoxy. *Jurnal Multidisiplin Saintek*, 9. <https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365>
- Suhada, M., Herlina Sari, N., Utama, P., & Pendamping, P. (2023). Studi Sifat Termal, Kekuatan Tarik, dan Morfologi Komposit Serat Sembukan Dengan Filler Serbuk Karbon Study of Thermal Properties, Tensile Strength, and Morphology of Fiber Composites Created With Carbon Powder Filler.
- Witono, K., Surya Irawan, Y., Soenoko, R., & Suryanto, H. (2013). Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Terhadap Morfologi dan Kekuatan Tarik Serat Mendong. Dalam *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 4, Nomor 3).