

**KARAKTERISASI FISIKO-KIMIA SERAT SABUT KELAPA
TERAKTIVASI SEBAGAI MATERIAL RINGAN
PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF ACTIVATED COCONUT FIBER
AS A LIGHTWEIGHT MATERIAL**

Zhulfadillah Anugrah¹, Nelly Wahyuni^{1*}, Rudiyanasyah¹

¹*Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas
Tanjungpura, Pontianak 78124, Indonesia*

**Corresponding author: nellywahyuni@chemistry.untan.ac.id
Phone contact: +6289676890608*

DOI: <https://doi.org/10.26418/indonesian.v9i2.100799>

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29 October
2025

Accepted 09 February
2026

Available online
06 August 2026

Keywords:

bleaching, density,
lightweight material,
organosolv



©2026 Author(s). This is an open-access article under the CC-BY license

ABSTRACT

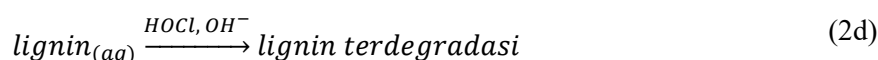
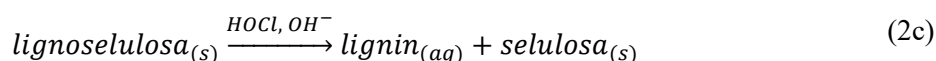
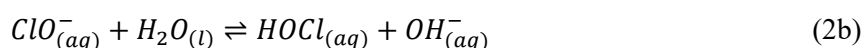
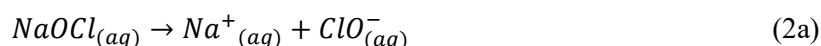
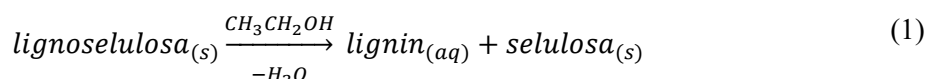
Coconut fiber is used as a catalyst carrier due to its low density, which allows it to float and maximize the catalyst's performance. Various activation treatments, including organosolv and bleaching, are required to prepare the carrier. Both treated fibers were physicochemically characterized. The physical analysis included tests for moisture content, ash content, density, morphology, and elemental composition using Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX), alongside functional group analysis via Fourier Transform-Infra Red (FT-IR). Meanwhile, the chemical analysis determined the contents of hemicellulose, cellulose, and lignin. The density was 0.968 g/cm³ for the untreated fiber, 0.821 g/cm³ for the organosolv-treated fiber, and 0.225 g/cm³ for the bleached fiber. These results indicate that organosolv and bleaching treatments successfully reduce fiber density relative to the untreated sample, as corroborated by other physicochemical findings. Chemical analysis of the untreated, organosolv-treated, and bleached samples revealed hemicellulose contents of 20.149%, 16.396%, and 15.898%; cellulose contents of 42.871%, 47.631%, and 50.769%; and lignin contents of 29.639%, 29.464%, and 7.179%, respectively. Compared with the organosolv treatment, bleaching is the activation method that induces the most significant changes in physicochemical properties.

1. Pendahuluan

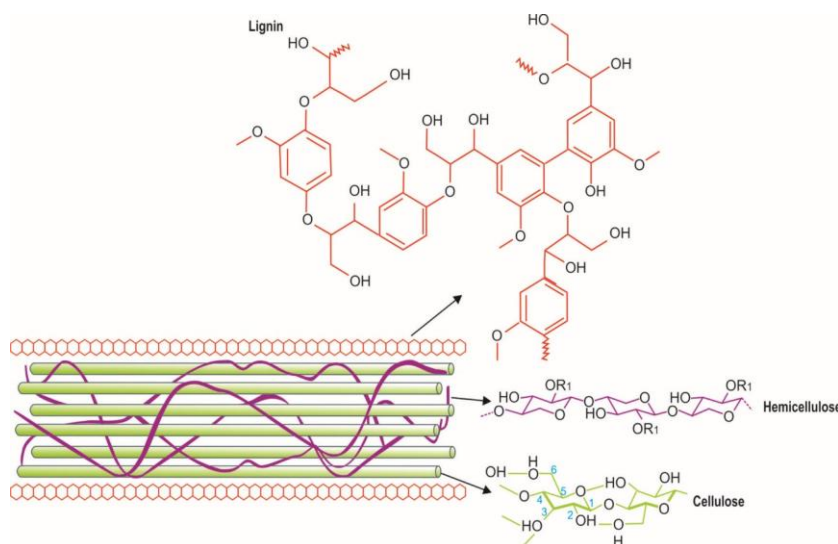
Proses fotodegradasi memerlukan katalis, yang umumnya merupakan bahan semikonduktor untuk mempercepat laju degradasi^[1]. Material katalis tersebut dapat bekerja dengan baik dengan bantuan sinar UV^[2]. Namun, penggunaan material katalis saja memiliki kekurangan, yaitu material cenderung tenggelam ke dasar perairan saat proses fotokatalisis berlangsung^[3]. Hal ini dapat menurunkan efisiensi proses fotodegradasi karena pemanfaatan cahaya menjadi kurang optimal. Untuk mengatasi kekurangan tersebut, material katalis diemban pada material pendukung berkepadatan (densitas) rendah. Densitas yang rendah ini dapat menghasilkan material ringan yang mampu mengapung di permukaan air^[4].

Serat sabut kelapa merupakan bahan alam berpori dan ramah lingkungan yang potensial digunakan sebagai material ringan^[5]. Pembuatan material ringan berbahan serat sabut kelapa memerlukan proses aktivasi. Proses ini bertujuan untuk mengurangi kandungan hemiselulosa dan lignin, sehingga dapat meningkatkan porositas sekaligus menurunkan densitas serat^{[6][7]}.

Beberapa metode aktivasi serat sabut kelapa yang pernah dilakukan adalah melalui perlakuan organosolv dan perlakuan *bleaching*. Perlakuan organosolv merupakan proses pemisahan lignoselulosa menggunakan pelarut organik, sedangkan perlakuan *bleaching* memisahkan lignoselulosa melalui alkalinisasi, *bleaching*, dan hidrolisis^{[8][9]}. Persamaan reaksi untuk perlakuan organosolv^[10] dan perlakuan *bleaching*^[2] masing-masing ditunjukkan pada Persamaan Reaksi (1) dan (2).



Walaupun kedua perlakuan tersebut memiliki mekanisme yang berbeda, keduanya memiliki tujuan yang sama, yaitu mendegradasi kandungan hemiselulosa dan lignin untuk meningkatkan kadar selulosa^{[6][7]}. Struktur lignoselulosa dari serat sabut kelapa ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur lignoselulosa dari serat sabut kelapa^[11]

Penelitian serupa telah dilakukan oleh penelitian Septevani *et al.*^[8], Setiawan *et al.*^[6], dan Yuanita *et al.*^[9]. Ketiga penelitian tersebut berfokus pada perlakuan sampel menggunakan organosolv dan *bleaching*. Analisis yang pernah dilakukan pada serat sabut kelapa meliputi penentuan densitas, analisis morfologi serta komposisi kimia menggunakan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), dan analisis gugus fungsi dengan *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR)^{[8],[9]}.

Pada penelitian ini, kajian dilakukan secara lebih mendalam pada karakterisasi fisiko-kimia serat sabut kelapa, yang mencakup serat tanpa perlakuan serta variasi perlakuan aktivasi berupa perlakuan organosolv dan perlakuan *bleaching*. Selain itu, perbandingan antara perlakuan organosolv dan perlakuan *bleaching* juga dilakukan untuk mengetahui jenis perlakuan aktivasi yang memberikan dampak paling signifikan terhadap perubahan karakteristik fisiko-kimia serat sabut kelapa.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini menerapkan pengolahan serat sabut kelapa melalui perlakuan organosolv dan perlakuan *bleaching*. Karakteristik fisiko-kimia dari kedua serat hasil perlakuan tersebut serta serat tanpa perlakuan akan dianalisis. Analisis fisik terdiri dari uji kadar air, uji kadar abu, uji densitas, analisis morfologi dan komposisi unsur menggunakan SEM-EDX, serta analisis gugus fungsi dengan FT-IR. Sementara itu, analisis kimia dilakukan melalui penentuan kadar hemiselulosa, selulosa, dan lignin.

2. Metode

2.1. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi asam asetat 96% (CH_3COOH), asam asetat glasial 100% (CH_3COOH), asam sulfat 96% (H_2SO_4), aseton 99,8% (CH_3COCH_3), etanol 98% ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), natrium hidroksida (NaOH), dan natrium klorit 5,25 % (NaOCl_2).

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi ayakan 1 mm dan 4 mm, batang pengaduk, botol semprot, bola hisap (*bulb*), cawan petri, cawan porselin, gelas kimia (*beaker glass*), gelas ukur, corong kaca, kertas saring, labu ukur, oven, pH meter, pipet ukur, piknometer 10 mL, plastik penutup (*plastic wrapping*), sonikator, timbangan analitik, dan *water bath*. Karakterisasi serat sabut kelapa dilakukan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX) dan *Fourier Transform-Infra Red Spectroscopy* (FT-IR) (Shimadzu IRPrestige-21).

2.2. Prosedur Kerja

Pengolahan Serat Sabut Kelapa dengan Perlakuan Organosolv

Serat sabut kelapa dicuci menggunakan air bersih, lalu dibilas dengan akuades. Kemudian, serat dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C hingga berat konstan^[12]. Setelah kering, serat dipotong menjadi ukuran kecil kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 4 mm dan 1 mm. Serat yang tertahan pada ayakan 1 mm diambil untuk dilakukan proses delignifikasi. Tahap delignifikasi dilakukan melalui perlakuan organosolv^[6]. Serat direndam dalam campuran pelarut air/etanol 2:1 dengan bantuan ultrasonik menggunakan sonikator selama 2 jam. Setelah perlakuan tersebut selesai, serat disaring^{[8][6]}.

Pengolahan Serat Sabut Kelapa dengan Perlakuan Bleaching

Sebanyak 50 g serat sabut kelapa direndam dalam 500 mL larutan NaOH 10% dan diaduk selama 1,5 jam. Prosedur ini diulangi sebanyak dua kali. Setelah itu, serat disaring dan dibilas menggunakan akuades hingga mencapai pH 7. Serat kemudian direndam kembali dalam 500 mL NaOCl 3% selama 1,5 jam. Setelah pengadukan selesai, serat disaring dan dibilas dengan akuades hingga mencapai pH 7. Selanjutnya, serat dihidrolisis menggunakan 500 mL H_2SO_4 20% sambil diaduk selama 1 jam. Proses hidrolisis dihentikan dengan menambahkan 1500 mL air dingin. Serat hasil hidrolisis kemudian disaring dan dibilas kembali dengan akuades mencapai pH 7. Pada tahap akhir, serat dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam^[9].

Analisis Karakteristik Fisika dari Serat Sabut Kelapa

a. Uji Kadar Air

Analisis kadar air dimulai dengan mengeringkan cawan porselen dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam dan dilanjutkan dengan pendinginan dalam desikator selama 15 menit sebelum ditimbang. Sampel serat sabut kelapa sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam cawan, lalu dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam hingga diperoleh berat konstan. Perhitungan kadar air dilakukan menggunakan Persamaan (3)^[13].

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{m_0 - m_1}{m_0 - m_{wd}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

m_{wd} = massa cawan kosong (g)

m_0 = massa cawan yang diisi dengan sampel (g)

m_1 = massa cawan dengan sampel yang sudah dikeringkan (g)

b. Uji Kadar Abu

Analisis kadar abu dilakukan secara duplo. Cawan porselen dicuci dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit, lalu didinginkan dalam desikator (30 menit) sebelum ditimbang. Sampel serat sabut kelapa (tanpa perlakuan, organosolv, dan *bleaching*) sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam masing-masing cawan. Pengabuan sampel dilakukan di dalam tanur pada suhu 550°C selama 5 jam. Setelah itu, sampel didinginkan di dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang untuk menghitung massa abu. Persentase kadar abu ditentukan berdasarkan Persamaan (4)^[14].

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{m_0 - m_1}{m_0 - m_{wd}} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

m_{wd} = massa cawan kosong (g)

m_0 = massa cawan yang diisi dengan sampel (g)

m_1 = massa cawan dengan sampel sisa pembakaran (g)

c. Penentuan Densitas/Massa Jenis

Densitas serat sabut kelapa ditentukan berdasarkan metode Archimedes melalui beberapa tahapan penimbangan. Parameter yang diukur meliputi massa wadah kosong (M_1), massa wadah berisi akuades (M_2), massa wadah dengan serat (M_3), dan massa wadah beserta serat di dalam akuades (M_4). Nilai-nilai massa tersebut beserta densitas akuades sebesar 1,000 g/cm³ kemudian dimasukkan ke dalam Persamaan (5)^[15].

$$\rho = \frac{(M_3 - M_1) \times \rho_{\text{akuades}}}{(M_3 - M_1) - (M_4 - M_2)} \quad (5)$$

Keterangan:

ρ = densitas serat sabut kelapa (g/cm³)

ρ_{akuades} = densitas (1,000 g/cm³)

M_1 = massa wadah kosong (g)

M_2 = massa wadah berisi akuades (g)

M_3 = Massa wadah berisi serat (g)

M_4 = Massa wadah berisi serat di dalam akuades (g)

d. Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)

Karakterisasi serat sabut kelapa dilakukan menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX). Tahap ini diawali dengan menyiapkan tiga variasi serat yang masing-masing bermassa ± 1 gram. Selanjutnya, setiap variasi serat dianalisis menggunakan SEM-EDX untuk mengamati morfologi permukaan dan mengidentifikasi kandungan unsur kimianya. Pengamatan morfologi dilakukan pada perbesaran 1000 $\times$ ^[16].

e. Fourier Transform-Infra Red (FT-IR) Spectroscopy

Karakterisasi gugus fungsi dilakukan menggunakan instrumen *Fourier Transform-Infra Red* (FT-IR) *Spectroscopy*. Tahap ini diawali dengan menyiapkan tiga variasi serat. Masing-masing serat diletakkan di atas pelat sampel untuk dipindai pada interval bilangan gelombang 400–4000 cm⁻¹^[17].

Analisis Karakteristik Kimia dari Serat Sabut Kelapa

a. Ekstraksi Serat Sabut Kelapa

Tahap ekstraksi dilakukan berdasarkan standar TAPPI T-207^[18]. Serat sabut kelapa ditimbang masing-masing sebanyak ± 2 g, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambah 100 mL akuades panas. Erlenmeyer yang berisi serat ditempatkan di dalam water bath dan dipanaskan selama 3 jam pada suhu 70°C. Selama pemanasan, permukaan air dalam water bath dipastikan berada di atas permukaan cairan dalam erlenmeyer. Setelah pemanasan selesai, serat disaring dan dicuci menggunakan 200 mL akuades panas. Serat kemudian dikeringkan dalam oven

pada suhu 105°C selama 24 jam hingga mencapai berat konstan. Serat hasil ekstraksi ini selanjutnya digunakan untuk penentuan kadar holoselulosa, alfaselulosa, dan lignin.

b. Penentuan Holoselulosa

Serat sabut kelapa bebas ekstraktif ditimbang sebanyak $\pm 0,70$ g lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL. Sebanyak 10 mL larutan A dan 1 mL larutan B ditambahkan menggunakan pipet ukur, kemudian wadah ditutup rapat. Larutan A terdiri dari 60 mL asam asetat glasial dan 20 g NaOH per liter akuades, sedangkan larutan B terdiri dari 200 g NaClO₂ per liter akuades.

Erlenmeyer dipanaskan di dalam *water bath* pada suhu 70°C dengan menjaga permukaan air *water bath* lebih tinggi daripada permukaan larutan sampel. Larutan B sebanyak 1 mL ditambahkan ke dalam erlenmeyer yang digoyang secara berkala setelah pemanasan berlangsung selama 0,5 jam; 0,75 jam; 1,5 jam; dan 2,5 jam. Setelah 5 jam 15 menit, erlenmeyer dipindahkan ke dalam penangas es dan ditambah 15 mL akuades dingin. Seluruh campuran disaring, lalu erlenmeyer dicuci menggunakan 100 mL larutan asam asetat 1% untuk membilas sisa serat ke kertas saring. Serat sabut kelapa kemudian dicuci dengan 5 mL aseton, dikeringkan pada suhu kamar minimal selama 4 hari, dan dilanjutkan dengan pengeringan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam hingga beratnya konstan^[19]. Kadar holoselulosa dihitung menggunakan Persamaan (6).

$$\text{Kadar Holoselulosa (\%)} = \frac{m_{HS}}{m_{Eks}} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

m_{HS} = massa serat kering oven hasil pengujian holoselulosa (g)

m_{Eks} = massa awal serat bebas ekstraktif (g)

Kadar hemiselulosa ditentukan berdasarkan selisih antara kadar holoselulosa dan kadar selulosa menggunakan Persamaan (7)^[6].

$$\text{Kadar Hemiselulosa (\%)} = K_{HS} - K_S \quad (7)$$

Keterangan:

K_{HS} = Kadar holoselulosa (%)

K_S = Kadar selulosa (%)

c. Penentuan Alfaselulosa

Serat hasil pengujian holoselulosa ditambah 3 mL larutan NaOH 17,5% pada suhu 20°C menggunakan pipet, lalu diaduk perlahan di dalam *beaker glass* 50 mL. *Beaker glass* tersebut ditempatkan di dalam wadah berisi air hingga terendam ± 1 cm. Serat holoselulosa dimaserasi selama 5 menit hingga basah sempurna. Setelah 5 menit, larutan NaOH 17,5% sebanyak 3 mL ditambahkan kembali, diaduk selama 1 menit, dan didiamkan selama 35 menit. Campuran kemudian diencerkan dengan 6 mL akuades dan disaring menggunakan cawan saring.

Serat sabut kelapa di atas penyaring dicuci berturut-turut dengan 60 mL akuades, 10 mL larutan asam asetat 10% (disaring hingga kering), 60 mL akuades, dan dibilas dengan 10 mL aseton. Serat dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam hingga berat konstan, didinginkan dalam desikator, lalu ditimbang. Berat alfaselulosa dinyatakan sebagai persentase terhadap berat serat kering oven menggunakan Persamaan (8)^[20].

$$\text{Kadar Alfaselulosa (\%)} = \frac{m_{AS}}{m_{HS}} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan:

m_{HS} = massa serat kering oven hasil pengujian holoselulosa (g)

m_{AS} = massa serat kering oven hasil pengujian alfaselulosa (g)

Berdasarkan sumber dari penelitian Widia dan Wathoni^[21], alfaselulosa merepresentasikan fraksi selulosa murni dengan tingkat kemurnian tertinggi. Oleh karena itu, nilai kadar alfaselulosa (K_{AS}) diasumsikan dan digunakan langsung sebagai nilai kadar selulosa (K_S).

d. Penentuan Lignin

Penentuan lignin dilakukan berdasarkan standar ASTM D1106-56^[22]. Pengujian diawali dengan menimbang ± 1 g serat hasil ekstraksi air panas sebelumnya, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 mL. Larutan H₂SO₄ 72% dingin sebanyak 15 mL ditambahkan secara perlahan sambil diaduk. Serat dipastikan tercampur merata dengan pengadukan minimal selama 1 menit, kemudian didiamkan selama 2 jam sambil sesekali diaduk.

Campuran kemudian diencerkan dengan 360 mL akuades hingga konsentrasi asam mencapai 3%. Larutan selanjutnya dipanaskan di dalam *water bath* pada suhu 90°C selama 4 jam. Volume larutan dijaga agar tetap konstan selama pemanasan dengan menambahkan akuades panas secara berkala. Setelah pemanasan, bagian serat sabut kelapa yang tidak larut dibiarkan mengendap, lalu dicuci dengan air panas hingga bebas dari kandungan asam. Serat dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C, didinginkan dalam desikator, dan ditimbang hingga mencapai berat konstan. Kadar lignin dihitung menggunakan Persamaan (9).

$$\text{Kadar Lignin (\%)} = \frac{m_{Li}}{m_{Eks}} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan:

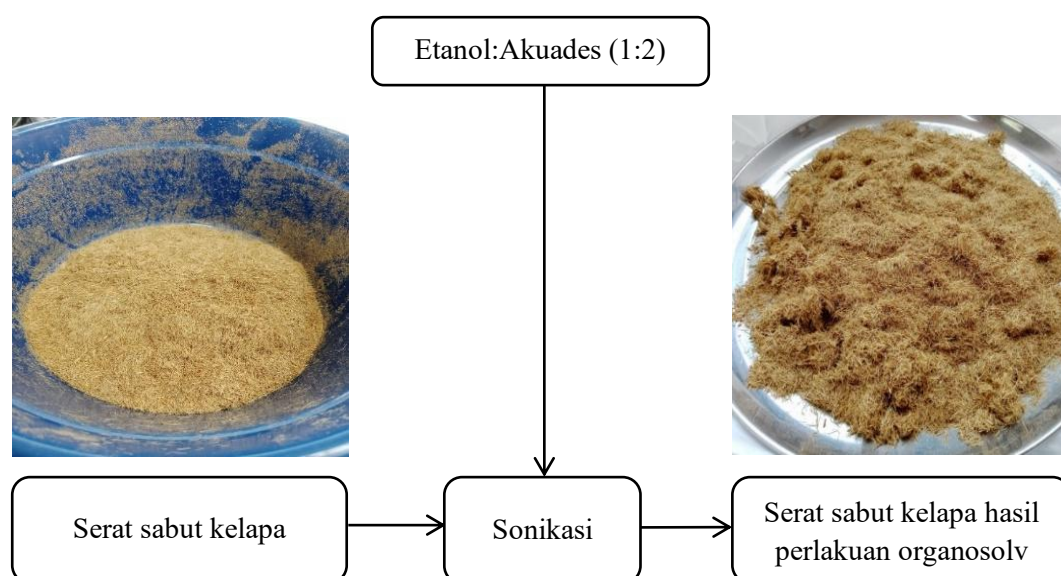
m_{Li} = massa serat kering oven hasil pengujian lignin (g)

m_{Eks} = massa awal serat bebas ekstraktif (g)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengolahan Serat Sabut Kelapa dengan Perlakuan Organosolv

Berdasarkan skema pada Gambar 2, serat sabut kelapa diaktivasi menggunakan perlakuan organosolv dengan pelarut etanol–air. Metode organosolv terbukti efektif untuk menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa dari serat alam^[6]. Penggunaan pelarut air–etanol pada biomassa lignoselulosa serat sabut kelapa dapat menurunkan kadar lignin dan hemiselulosa secara signifikan. Penurunan ini terjadi karena etanol dan air bersifat nukleofilik, sehingga menghasilkan campuran pelarut yang optimal untuk menginisiasi pemutusan ikatan sekaligus melarutkan fraksi lignin^[6]. Namun, penggunaan etanol dengan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat memicu pengendapan kembali lignin pada permukaan lignoselulosa, yang berpotensi menurunkan efektivitas proses delignifikasi^[23].



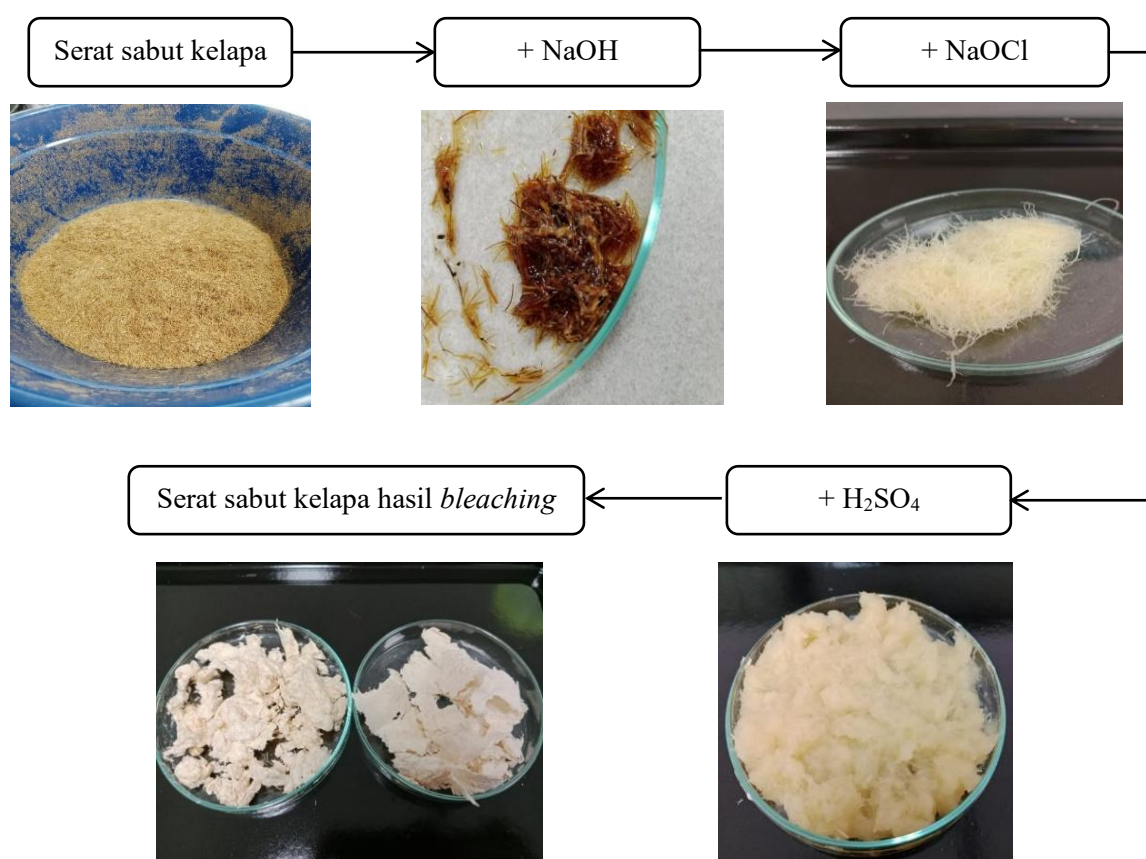
Gambar 2. Skema perlakuan organosolv pada serat sabut kelapa

Setelah proses pencampuran dengan air–etanol, serat sabut kelapa diberi perlakuan lanjutan menggunakan instrumen sonikator (*sonication-assisted*). Tahapan sonikasi ini bertujuan untuk

membuka pori-pori pada serat sabut kelapa. Pembentukan pori terjadi seiring berkurangnya pengotor, lignin, dan hemiselulosa yang melingkupi selulosa, sehingga menghasilkan struktur serat yang lebih berpori dan meregang. Fenomena ini sejalan dengan penelitian Septevani *et al.*^[8] mengenai aktivasi lignoselulosa, yang melaporkan adanya peningkatan jumlah pori pascadelignifikasi akibat terdegradasi atau hilangnya komponen lignin dan hemiselulosa dari struktur utama lignoselulosa.

3.2. Pengolahan Serat Sabut Kelapa dengan Perlakuan Bleaching

Berdasarkan skema pada Gambar 3, perlakuan menggunakan larutan NaOH bertujuan untuk menghilangkan lapisan serupa lilin dan fraksi lignin pada permukaan serat. Selain itu, komponen non-struktural lain seperti senyawa fenol, karbonil, dan hidroksil juga ikut terlarut. Proses pelarutan komponen kimia tersebut ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi coklat tua, yang disebabkan oleh sifat reaktif komponen tersebut terhadap basa kuat NaOH^[24].



Gambar 3. Skema perlakuan *bleaching* pada serat sabut kelapa

Tahap kedua melibatkan pencampuran serat dengan larutan NaOCl untuk mendegradasi sisa lignin yang masih terikat. Proses pemutihan (*bleaching*) ini memicu perubahan warna serat sabut kelapa secara signifikan dari coklat menjadi putih. Perubahan warna ini terjadi karena fraksi lignin dapat larut dan teroksidasi oleh ion hipoklorit dari NaOCl^[25].

Selanjutnya, proses hidrolisis menggunakan larutan H₂SO₄ dilakukan untuk menghilangkan kandungan hemiselulosa pada serat sabut kelapa. Hal ini didasarkan pada karakteristik hemiselulosa yang sensitif dan mudah terhidrolisis dalam larutan asam kuat, seperti asam sulfat. Secara keseluruhan, rangkaian perlakuan serat sabut kelapa yang mencakup tiga tahapan utama yaitu alkalinisasi, pemutihan, dan hidrolisis asam yang efektif mengeliminasi komponen-komponen pengotor di dalam serat^[26].

3.3. Hasil Karakteristik Fisika dari Serat Sabut Kelapa

Analisis karakteristik fisik dilakukan untuk mengevaluasi sifat fisik serat sabut kelapa tanpa perlakuan dan dengan perlakuan organosolv dan *bleaching*. Data hasil pengukuran karakteristik fisik tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik fisika pada serat sabut kelapa

Karakteristik Fisik	Serat Tanpa Perlakuan	Serat dengan Perlakuan Organosolv	Serat dengan Perlakuan <i>Bleaching</i>
Kadar Air (%)	7,952	1,575	1,520
Kadar Abu (%)	70,771	70,766	70,750
Densitas (g/cm ³)	0,968	0,821	0,225

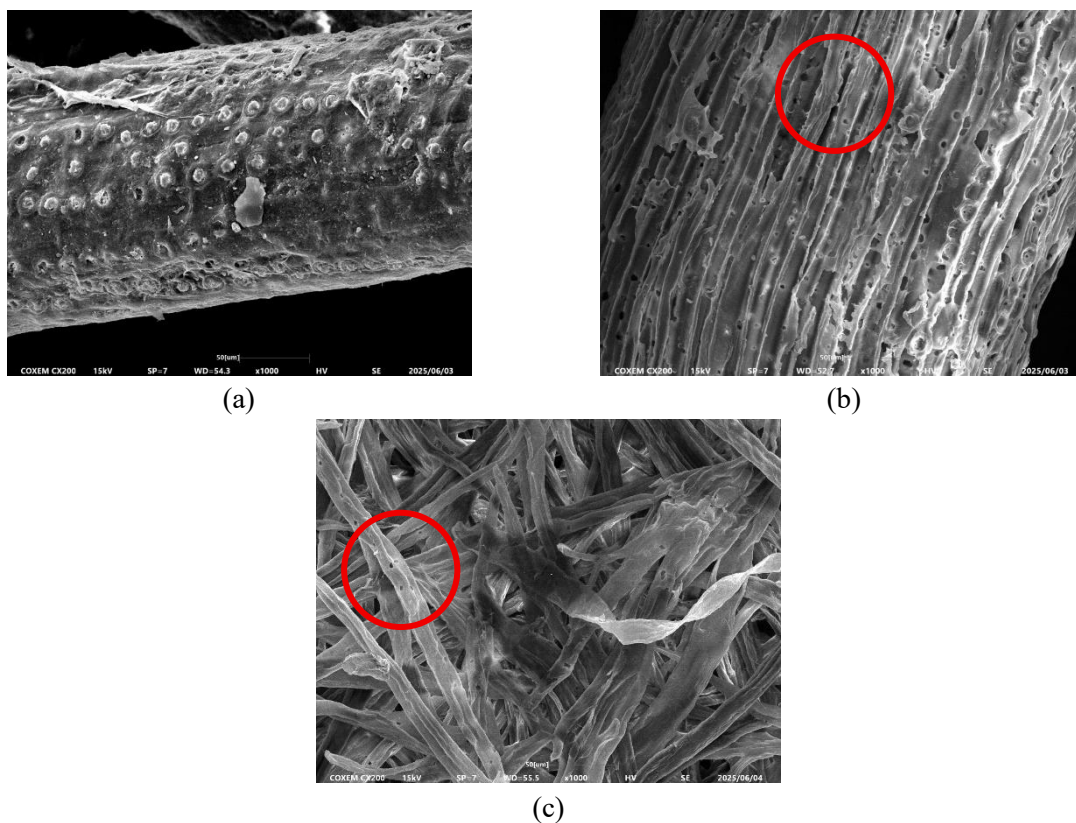
Pengujian kadar air bertujuan untuk menentukan kandungan air di dalam serat. Pada prosedur ini, pengeringan menggunakan oven pada suhu 105°C dilakukan untuk menguapkan air bebas yang terikat pada serat sabut kelapa. Serat hasil perlakuan organosolv dan *bleaching* menunjukkan nilai kadar air yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan. Hal ini terjadi karena kedua variasi serat tersebut telah melewati siklus pengeringan oven pascaproses delignifikasi^[9].

Kadar abu merepresentasikan residu anorganik hasil pembakaran komponen organik, yang komposisi dan kandungannya sangat bergantung pada jenis bahan baku serta metode pengabuan^[27]. Berdasarkan Tabel 1, serat tanpa perlakuan memiliki kadar abu yang paling tinggi. Tingginya nilai ini mengindikasikan adanya kontaminan eksternal seperti partikel tanah, batuan mikro, atau pasir yang masih melekat pada permukaan serat mentah^[28].

Analisis densitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh modifikasi kimia terhadap perubahan densitas serat. Berdasarkan Sugandi *et al.*^[4], material pengemban katalis idealnya memiliki nilai densitas yang lebih rendah daripada material katalisnya. Densitas yang tinggi dapat mempercepat penyerapan air oleh pengemban katalis, sehingga menyebabkan material lebih cepat tenggelam ke dasar perairan. Oleh karena itu, proses aktivasi diperlukan untuk menurunkan nilai densitas guna mengoptimalkan performa material pengemban. Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa dengan perlakuan organosolv dan perlakuan *bleaching* berhasil menurunkan densitas serat secara signifikan dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Merujuk pada penelitian Sugandi *et al.*^[4] dan teori *floating material*^[15], serat hasil perlakuan ini telah memenuhi kriteria sebagai material ringan. Jika dibandingkan antara perlakuan organosolv dan perlakuan *bleaching* maka serat sabut kelapa dengan perlakuan *bleaching* menghasilkan perubahan yang signifikan.

Karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX) ditujukan untuk mengamati morfologi permukaan sekaligus komposisi unsur kimia pada serat. Analisis mikrograf SEM dilakukan pada perbesaran 1000× untuk memperoleh visualisasi topografi permukaan yang jelas. Sementara itu, analisis EDX digunakan untuk mengidentifikasi persentase unsur kimia penyusun serat. Hasil pengamatan morfologi permukaan disajikan pada Gambar 4, sedangkan komposisi unturnya dirangkum dalam Tabel 2.

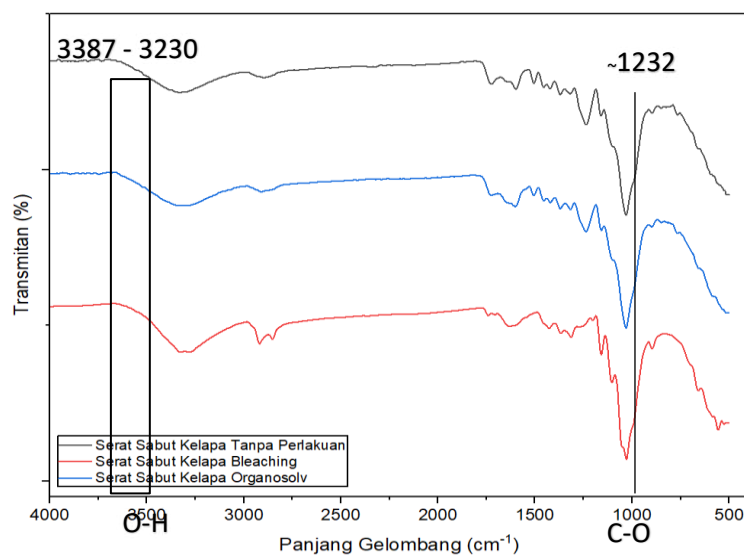
Berdasarkan Gambar 4, permukaan serat setelah perlakuan (Gambar 4b dan 4c) memperlihatkan munculnya titik-titik gelap yang mengindikasikan terbentuknya pori-pori baru pada dinding serat. Fenomena ini membuktikan bahwa proses aktivasi dengan perlakuan organosolv dan perlakuan *bleaching* telah berhasil mendegradasi sebagian besar kandungan hemiselulosa dan lignin penutup. Sementara itu, data EDX pada Tabel 2 menunjukkan bahwa unsur karbon (C) dan oksigen (O) merupakan komponen paling dominan, yang sekaligus menegaskan bahwa keduanya adalah unsur penyusun utama makromolekul selulosa pada serat.



Gambar 4. Mikrograf SEM permukaan serat sabut kelapa dengan a) tanpa perlakuan, b) perlakuan organosolv, dan c) perlakuan *bleaching* (Lingkaran merah menunjukkan terbentuknya pori-pori pada permukaan serat)

Tabel 2. Komposisi unsur serat sabut kelapa berdasarkan analisis EDX

Serat Sabut Kelapa	Unsur Karbon (C) (% massa)	Unsur Oksigen (O) (% massa)
Tanpa perlakuan	59,94	40,06
Dengan perlakuan organosolv	60,01	39,99
Dengan perlakuan <i>bleaching</i>	51,95	48,05



Gambar 5. Spektra FTIR serat sabut kelapa tanpa perlakuan, dengan perlakuan organosolv, dan perlakuan *bleaching*

Analisis gugus fungsi menggunakan instrumen *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dilakukan untuk mengidentifikasi pergeseran atau hilangnya gugus fungsi spesifik akibat modifikasi kimia. Grafik spektra FTIR dari ketiga variasi serat disajikan pada Gambar 5, sedangkan identifikasi bilangan gelombangnya dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil karaktersisasi gugus fungsi serat sabut kelapa menggunakan FTIR

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})		
	Serat Tanpa Perlakuan	Serat dengan Perlakuan Organosolv	Serat dengan Perlakuan <i>Bleaching</i>
O–H <i>stretching</i>	3281 dan 3365	3289 dan 3383	3283 dan 3326
C–O <i>stretching</i>	1232	1232	1232

Profil spektra pada Gambar 5 dan Tabel 3 menunjukkan korelasi yang kuat dengan hasil analisis komponen kimia sebelumnya. Serat hasil perlakuan kimia mengalami pergeseran kadar lignin dan hemiselulosa yang lebih tajam dibandingkan serat mentah. Namun, karena perubahan komponen lignoselulosa pada serat hasil organosolv cenderung kurang signifikan, spektra FTIR serat organosolv memperlihatkan profil yang hampir serupa dengan serat tanpa perlakuan. Kondisi ini berbanding terbalik dengan serat hasil *bleaching* yang menunjukkan perbedaan profil spektra secara kontras.

Pada serat hasil perlakuan, puncak serapan di sekitar bilangan gelombang 3283 cm^{-1} dan 3326 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur (*stretching*) gugus hidroksil (O–H). Intensitas vibrasi gugus O–H ini meningkat tajam setelah serat melewati proses delignifikasi. Selain itu, keberhasilan isolasi selulosa diperkuat oleh melemahnya atau hilangnya puncak serapan khas komponen lignin dan hemiselulosa pada bilangan gelombang 1240 cm^{-1} , yang berasosiasi dengan vibrasi ulur gugus C–O pada rentang daerah serapan $1050\text{--}1300 \text{ cm}^{-1}$ [31].

3.4. Hasil Karakteristik Kimia dari Serat Sabut Kelapa

Analisis karakteristik kimia dilakukan untuk menentukan kadar komponen lignoselulosa yang terkandung di dalam serat sabut kelapa, meliputi hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Sebelum tahap penentuan kadar tersebut, setiap variasi serat diekstraksi menggunakan air panas untuk memperoleh sampel bebas ekstraktif. Tahap pra-perlakuan ini bertujuan untuk mengeliminasi komponen pengotor non-struktural, sehingga sampel menjadi lebih murni dan menghasilkan analisis komposisi lignoselulosa yang lebih akurat[32]. Data hasil analisis kimia tersebut dirangkum dalam Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi kimia serat sabut kelapa

Serat Sabut Kelapa	Hemiselulosa (%)	Selulosa (%)	Lignin (%)
Tanpa perlakuan	20,149	42,871	29,639
Dengan perlakuan organosolv	16,396	47,631	29,464
Dengan perlakuan <i>bleaching</i>	15,898	50,769	7,179

Tabel 4 memperlihatkan fluktuasi kandungan hemiselulosa, selulosa, dan lignin pada serat sabut kelapa akibat pengaruh modifikasi kimia. Serat tanpa perlakuan memiliki kadar hemiselulosa dan lignin masing-masing sebesar 20,149% dan 29,639%. Setelah diberi perlakuan, serat dengan perlakuan organosolv menunjukkan penurunan kadar hemiselulosa menjadi 16,396% dan kadar lignin menjadi 29,464%. Penurunan yang jauh lebih drastis terjadi pada serat dengan perlakuan *bleaching*, di mana kadar hemiselulosa menyusut hingga 15,898% dan fraksi lignin terdegradasi secara ekstrem hingga tersisa 7,179%. Sebaliknya, persentase kadar selulosa mengalami tren peningkatan, dari 42,871% pada serat tanpa perlakuan menjadi 47,631% pada serta dengan perlakuan organosolv, dan mencapai nilai tertinggi sebesar 50,769% pada serat dengan perlakuan *bleaching*.

Berdasarkan data pada Tabel 4, jika dikorelasikan dengan mikrograf SEM dan hasil penelitian Setiawan *et al.*^[6], penurunan kadar hemiselulosa dan lignin ini memicu terbentuknya porositas atau struktur berpori pada dinding serat setelah diberi perlakuan. Serat tanpa perlakuan memiliki persentase kandungan selulosa yang paling rendah dibandingkan dengan serat sabut kelapa yang sesudah diberi perlakuan dikarenakan lignin dan hemiselulosa dari serat sabut kelapa tanpa perlakuan masih banyak melekat pada permukaan serat sabut kelapa sehingga persentase kandungan selulosa menjadi rendah. Di antara kedua metode modifikasi yang diuji, perlakuan *bleaching* memberikan efektivitas delignifikasi dan pemurnian lignoselulosa yang jauh lebih signifikan dibandingkan dengan perlakuan organosolv. Secara keseluruhan, perubahan profil kimia ini mendukung temuan karakteristik fisik serat sabut kelapa sebelumnya, khususnya pada aspek penurunan densitas massal, pembentukan morfologi pori pada SEM, serta pergeseran intensitas gugus fungsi pada spektra FTIR.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perlakuan aktivasi menggunakan organosolv dan *bleaching* berhasil memodifikasi karakteristik fisik maupun kimia serat sabut kelapa sehingga memenuhi kriteria sebagai material ringan (*floating material*). Hal ini dibuktikan oleh penurunan nilai densitas dari 0,968 g/cm³ pada serat tanpa perlakuan menjadi 0,821 g/cm³ setelah perlakuan organosolv, dan menyusut drastis hingga 0,225 g/cm³ setelah perlakuan *bleaching*. Perubahan fisik tersebut didukung oleh fluktuasi komposisi lignoselulosa serat, di mana serat tanpa perlakuan memiliki kadar hemiselulosa, selulosa, dan lignin berturut-turut sebesar 20,149%, 42,871%, dan 29,639%. Setelah diaktivasi, serat dengan perlakuan organosolv menunjukkan kadar hemiselulosa 16,396%, selulosa 47,631%, dan lignin 29,464%, sedangkan serat dengan perlakuan *bleaching* mengalami pemurnian selulosa tertinggi mencapai 50,769% dengan sisa hemiselulosa 15,898% dan lignin hanya 7,179%. Secara keseluruhan, modifikasi dengan perlakuan *bleaching* terbukti jauh lebih optimal dan signifikan dalam menurunkan densitas serta mendegradasi fraksi lignin-hemiselulosa dibandingkan dengan metode organosolv.

Daftar Pustaka

- [1] Kurniadi T. (2000). *Studi Fotodegradasi dan Biodegradasi PET Beraditif Benzofenon Naftalen dan Kitin*. Skripsi. Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro.
- [2] Prabhu R., Hewitt F., Georgieva G., Lawton L.A., Meenakshi H.N., and Robertson P.K.J. (2017). Energy efficient operation of photocatalytic reactors based on UV LEDs for pollution remediation in water, in *OCEANS 2017-Aberdeen: Proceedings. Aberdeen, United Kingdom: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*
- [3] Shan A.Y., Ghazi T.I.M., and Rashid S.A. (2010). Immobilisation of Titanium Dioxide onto Supporting Materials in Heterogeneous Photocatalysis. *Applied Catalysis A: General*, 389(1-2):1-8.
- [4] Sugandi D., Agustiawan D., Wijayanto E., Febriyanti L.M.L., Panaya G.Y.L., and Wahyuni N. (2023). Sunlight Assisted Degradation of Linear Alkylbenzene Sulfonate by Floating Catalyst TiO₂-Coconut Fiber. *POSITRON*, 13(1):69-76.
- [5] Pratama J.H., Rohmah R.L., Amlia A., and Saraswati T.E. (2019). Isolasi Mikroselulosa dari Limbah Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan Metode *Bleaching*-Alkalinasi. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 15(2):239-250.
- [6] Setiawan A., Anggraini F.D.M., Ramadani T.A., Cahyono L., and Rizal C.M. (2021). Pemanfaatan Jerami Padi Sebagai Bioplastik Dengan Menggunakan Metode Perlakuan Pelarut Organik. *Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*, 17(2):69-80.
- [7] Greschik T. (2008). *Treatment of Pulp*. United States Patent Application.

- [8] Septevani A.A., Burhani D., and Sudiyarmanto. (2018). Pengaruh Proses Pemutihan Multi Tahap Serat Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 40(2):71-78.
- [9] Yuanita E., Pratama J.N., Mustafa J.H., and Chalid M. (2015). Multistages Preparation for Microbrillated for Celluloses Based on *Arenga pinnata* "Ijuk" Fiber. *Procedia Chemistry*, 16:608-615.
- [10] Jasman and Ahmad R.M. (2021). Pengaruh Jenis Perlakuan Awal terhadap Konsentrasi Bioetanol Hasil Hidrolisis dan Fermentasi Tongkol Jagung menggunakan *Trichoderma reesei* dan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Beta Kimia*, 1(2):25-33.
- [11] Ojo A.O. (2023). An Overview of Lignocellulose and Its Biotechnological Importance in High-Value Product Production. *Fermentation*, 9(11):1-25.
- [12] Abel U.A., Habor G.R., and Oseribho O.I. (2020). Adsorption of Oil Spill Clean-Up Using Coconut Coir Activated Carbon (CCAC). *Journal of Applied Chemistry*, 13(3):42-56.
- [13] AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th ed. Arlington, Virginia, USA: AOAC International.
- [14] Hariani R. and Khairiah H. (2022). Uji Fisik dan Kimia Pulp dari Pelepah dan Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Sains dan Ilmu Terapan*, 5(1):26-30.
- [15] Hasyim U.H., Yansah N.A., and Nuris M.F. (2018). Modifikasi Sifat Kimia Serbuk Tempurung Kelapa (STK) Sebagai Matriks Komposit Serat Alam Dengan Perbandingan Alkalisasi NaOH dan KOH. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*.
- [16] Najakh M.A. (2017). Studi Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) Komposit Bermatrik Ebonit Dengan Kandungan Sulfur 40 phr yang Diperkuat Serat Rami dan Bambu dengan Kandungan Masing-Masing 30 phr. Skripsi. Surakarta: Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [17] Nabila A. (2022). *Aplikasi Sabut Kelapa Sebagai Bioadsorben Logam Timbal (Pb) Dalam Media Air*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- [18] TAPPI. (1999). *T 207 cm-99: Water Solubility of Wood and Pulp*. Atlanta, GA, USA: Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI) Press.
- [19] ASTM (1977). *ASTM D1110-56: Standard Test Methods for Water Solubility of Wood*. Water Philadelphia, PA, USA: American Society for Testing and Materials..
- [20] ASTM. (1977). *ASTM D1103-60: Standard Test Method for Alpha-Cellulose in Wood*. Philadelphia, PA, USA: American Society for Testing and Materials.
- [21] Widia I. and Wathoni N. (2017). Review Artikel Selulosa Mikrokristal: Isolasi, Karakterisasi, dan Aplikasi Dalam Bidang Farmasetik. *Jurnal Farmaka Suplemen*, 15(2):127-143.
- [22] ASTM. (1979). *ASTM D1106-56: Standard Test Method for Acid-Insoluble Lignin in Wood*. Philadelphia, PA, USA: American Society for Testing and Materials.
- [23] Hamzah H.M., Bowra S., and Cox P. (2020). Effect of Ethanol Concentration on Organosolv Lignin Precipitation dan Aggregation from *Miscanthus x Giganteus*. *Processes*, 8(7):1-16.
- [24] Jose S., Mishra L., Basu G., and Samanta A.K. (2016). Study on Reuse of Coconut Fiber Chemical Retting Bath. Part 1: Retting Efficiency. *Journal of Natural Fibers*, 13(5):603-609.
- [25] Pratiwi R., Rahayu D., and Barliana M.I. (2016). Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Bahan Bioplastik. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(3):83-91.
- [26] Attia M.S., Elsaady M.M., Afify H.G., Mohamed A.A., and Abou-Omar M.N. (2021). Cellulose nanoparticle-based advanced materials for optical sensors technology and applications. In: *Advanced Functional Materials for Optical Sensing and Biosensing*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry

- [27] Hutomo H.D., Swastawati F., and Rianingsih L. (2015). Pengaruh Konsentrasi Asap Cair Terhadap Kualitas dan Kadar Kolesterol Belut (*Monopterus albus*) Asap. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 4(1):7-14.
- [28] Pangestuti E.K. and Darmawan P. (2021). Analisis Kadar Abu dalam Tepung Terigu dengan Metode Gravimetri. *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, 2(1):16-21.
- [29] Anggoro D.D., Purwanto., and Rispiani. (2014). Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa Dengan Katalis Heterogen Arang Aktif Tersulfonasi. *Reaktor*, 15(2):126-131.
- [30] Khalil H.P.S., Lai T.K., Tye Y.Y., Rizal S., Chong E.W.N., and Nurul Fazita M.R. (2020). A Comprehensive Review on Nanocellulose: Recent Developments, Challenges, and Futureprospects. *Carbohydrate Polymer*, 244:116441.
- [31] Hikmah M. and Wahyuni N. (2023). Sintesis Fotokatalis TiO₂ untuk Degradasi Zat Warna Sintesis Metilen Biru dengan Bantuan Sinar Tampak. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(3): 878-887.
- [32] Trisanti P., Setiawan S., Nura'ini E., and Sumarno. (2015). Ekstraksi selulosa dari serbuk gergaji kayu sengon melalui proses delignifikasi alkali ultrasonik. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 19(3):113-119.