

ISOLASI ALFA-SELULOSA DARI SABUT KELAPA MUDA SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT

Ayu Septiyafani, Alvin Rizky Muliawan, Suprihatin*

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Jalan Raya rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya Jawa Timur 60294, Indonesia

*Penulis korespondensi: suprihatin.tk@upnjatim.ac.id

Abstrak

Salah satu sumber daya alam di Indonesia yang jarang dimanfaatkan adalah sabut kelapa muda. Sabut kelapa muda mengandung 42,6% selulosa dan 22% lignin. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan isolasi sabut kelapa muda agar diperoleh α -selulosa dengan kemurnian yang tinggi. Hasil α -selulosa yang diperoleh dianalisa gugus fungsi dengan FT-IR, kemudian digunakan sebagai bioadsorben logam berat Cu^{2+} dan Ni^{2+} pada limbah industri elektrolating. Metode yang digunakan adalah isolasi secara kimia meliputi proses pretreatment, delignifikasi lignin, dan bleaching. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi Na_2SO_3 dan suhu pada proses delignifikasi lignin. Hasil isolasi α -selulosa terbaik akan dilakukan proses absorpsi terhadap logam berat. Hasil kandungan α -selulosa terbaik adalah pada perlakuan suhu 100 °C dan konsentrasi larutan Na_2SO_3 sebesar 20,4% yaitu sebesar 91,7%. Proses absorpsi logam berat dengan α -selulosa hasil isolasi diperoleh penurunan kadar logam berat Nikel (Ni^{2+}) dan Tembaga (Cu^{2+}) sebanyak 59,6% dan 69,2%.

Kata kunci: adsorpsi; α -selulosa; delignifikasi; logam berat; sabut kelapa muda

ISOLATION OF ALPHA-CELLULOSE FROM YOUNG COCONUT FIBER AS A HEAVY METAL ADSORBENT

Abstract

One of the natural resources in Indonesia that is rarely utilized is young coconut fiber. Young coconut fiber contains 42.6% cellulose and 22% lignin. Based on this, the isolation of young coconut fiber was carried out to obtain α -cellulose with high purity. The α -cellulose obtained was analyzed for functional groups with FT-IR, then used as an adsorbent for heavy metals Cu^{2+} and Ni^{2+} in electroplating industry waste. The method used was chemical isolation including pretreatment, lignin delignification, and bleaching. This research was conducted using variations in Na_2SO_3 concentration and temperature in the lignin delignification process. The best α -cellulose isolation results will be subjected to a heavy metal absorption process. The best α -cellulose content was in the treatment of 100 °C temperature and Na_2SO_3 solution concentration of 20.4%, which amounted to 91.7%. The process of absorbing heavy metals with α -cellulose isolation results obtained a decrease in heavy metal levels of Nickel (Ni^{2+}) and Copper (Cu^{2+}) by 59.6% and 69.2%.

Key words: adsorption; α -cellulose; delignification; heavy metal; young coconut fiber

PENDAHULUAN

Sabut kelapa muda merupakan bagian paling luar kelapa yang membungkus tempurung kelapa. Sabut kelapa merupakan limbah yang mengandung lignoselulosa dari kelapa. Bahan tersebut memiliki komponen utama lignin, hemiselulosa dan selulosa. Kandungan selulosa pada sabut kelapa cukup banyak. Presentase kandungan selulosa yang terdapat pada

sabut kelapa sebesar 43,44%. Komposisi kimia lain dari sabut kelapa meliputi hemiselulosa 19,9%, lignin 45,84%, air 5,25%, serta abu 2,22% (Safitra, 2021). Selulosa adalah salah satu penyusun dinding sel tumbuhan. Selulosa memiliki struktur padat berpori yang dapat menyerap bahan sekitarnya. Kandungan selulosa yang tinggi pada sabut kelapa muda berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai produk alfa-selulosa. Selain itu, sumber sabut kelapa yang

tersedia di Indonesia cukup melimpah. Oleh karena itu, sabut kelapa sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku produksi alfa-selulosa.

Menurut (Paskawati, et al., 2017), pada penelitiannya tentang pembuatan kertas komposit dari sabut kelapa, sabut kelapa memiliki kadar alfa selulosa yang tinggi, yaitu 94,24% dengan proses delignifikasi menggunakan NaOH 6% selama 4 jam. Hal tersebut juga didukung dengan penelitian dari (Sarumaha & Muchtar, 2022), tentang sintesis dan karakterisasi alfa selulosa dari sabut kelapa muda, dengan proses delignifikasi menggunakan pencampuran larutan 1 liter HNO₃ 3,5% dan NaNO₂ 10 mg selama 2 jam pada suhu 90 °C, dimana hasil penelitiannya menyatakan bahwa spektrum FT-IR antara alfa selulosa sabut kelapa muda dengan alfa selulosa komersial tidak memiliki perbedaan yang signifikan, dan menghasilkan alfa selulosa sebanyak 16,14% dari berat awal.

Komposit serat alam menggunakan serat alam sebagai penguat. Serat alami dari tumbuhan yang tumbuh di tanah mengandung senyawa kimia seperti lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Inilah sebabnya mengapa serat alami disebut juga serat lignoselulosa. Hemiselulosa dan selulosa pada struktur bahan lignoselulosa terikat atau ditutupi oleh lignin. Struktur lignin sendiri sangat padat dan kokoh sehingga menyulitkan enzim pengurai hemiselulosa dan selulosa untuk menembusnya. Lignin adalah polimer aromatik yang berikatan dengan polisakarida di dinding sel tumbuhan sekunder dan terdapat sekitar 20-40%. Lignin sangat tahan terhadap degradasi baik secara biologis, enzimatis maupun kimia karena kandungan karbonnya yang relatif tinggi dibandingkan selulosa dan hemiselulosa, lignin mempunyai kandungan energi yang tinggi (Kirk & Othmer, 1952).

Selulosa adalah salah satu penyusun dinding sel tumbuhan. Selulosa mengandung komponen struktural yang tergolong karbohidrat. Selulosa adalah biopolimer yang berlimpah di alam, terbarukan, dapat terurai secara hayati dan tidak beracun. Selulosa dibagi menjadi tiga jenis: selulosa alfa, selulosa beta, dan selulosa gamma (Rowell, 2005). Selulosa alfa merupakan senyawa yang tidak larut dalam NaOH atau basa kuat. Standar mutu alfa-selulosa didasarkan pada kemurniannya. Alfa-selulosa dapat dijadikan sebagai penentu atau penduga tingkat kemurnian dari selulosa. Oleh karena itu, semakin tinggi kadar dari alfa-selulosa, maka semakin baik pula kualitas selulosa tersebut (Kirk & Othmer, 1952). Menurut SNI nomor 0444:2009, alfa-selulosa yang baik adalah yang memiliki warna putih bersih. Selulosa putih dapat diperoleh dari berbagai metode isolasi. Kandungan selulosa yang tinggi pada sabut kelapa muda berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai produk alfa-selulosa.

Alfa-selulosa memiliki beberapa pemanfaatan, sebagai contoh dapat dijadikan sebagai

bahan dasar pembuatan propelan (α – selulosanya > 92%), sedangkan α – selulosa dengan kualitas lebih rendah bisa doilah menjadi bahan baku pada industri kain (serat rayon) dan kertas (Sumada, et al., 2016). Selain itu dapat digunakan untuk mengadsorpsi logam berat pada limbah industri. Salah satu industri yang menghasilkan limbah cair dengan kadar logam berat cukup tinggi adalah industri elektroplating. Elektroplating merupakan proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam. Proses elektroplating menggunakan arus listrik searah. Proses dalam industri elektroplating menghasilkan limbah cair yang mengandung berbagai jenis ion logam berat yang berbahaya bagi lingkungan.

Logam berat pada umumnya memiliki karakteristik yang sama seperti logam pada umumnya. Namun, terdapat hal yang membedakan antara logam berat dengan logam pada umumnya, khususnya ketika logam berat mengikat dan/atau masuk ke dalam organisme hidup. Logam berat paling banyak ditemukan dalam air limbah, termasuk arsenik, kadmium, kromium, tembaga, timbal, nikel, dan seng, yang semuanya menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (Adhani & Husaini, 2017). Salah satu logam berat yang terkandung dalam limbah elektroplating adalah logam Cu²⁺ dan Ni²⁺. Kedua logam tersebut memiliki efek yang buruk untuk organisme hidup. Logam tembaga (Cu²⁺) dalam jumlah besar dapat menimbulkan rasa tidak enak di lidah bahkan membahayakan hati (Irianti, et al., 2017). Logam tembaga dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Pada keracunan akut, gejalanya adalah rasa logam pada napas dan sensasi terbakar di daerah epigastrium. Selain itu, mual dan muntah terjadi berulang kali dan gejala tersebut menyebabkan perdarahan pada saluran cerna (Palar, 2008). Sedangkan logam nikel (Ni²⁺) merupakan logam berat yang dapat menghambat fungsi enzim d-aminovulin synthetase (ALAS) sehingga mengganggu sintesis heme, suatu zat yang merupakan komponen penting dalam pembentukan hemoglobin dan sitokrom (Sutamihardja, 2006). Selain itu, nikel dapat bersifat karsinogenik meskipun dalam jumlah kecil (Yang, et al., 2005).

Dalam menanggulangi limbah tersebut, dapat digunakan proses adsorpsi, dimana merupakan suatu proses pemisahan suatu komponen dari pelarutnya dengan menggunakan suatu adsorben yang berbentuk padat dan berpori. Keberhasilan proses adsorpsi terletak pada pemilihan adsorbennya. Adsorben yang baik harus mempunyai luas permukaan yang spesifik dan volume pori yang cukup besar. Adsorben saat ini banyak dikembangkan agar diperoleh kemampuan penyerapan dan efisiensi pemisahan yang tinggi, baik dari bahan baku limbah pertanian hingga material maju. Salah satu adsorben yang saat ini sedang dikembangkan adalah adsorben Alfa selulosa dari limbah hayati (Ismadji, et al.,

2021). Menurut penelitian yang telah dilakukan (Damanik, et al., 2016), isolasi alfa selulosa dengan delignifikasi larutan Na_2SO_3 menghasilkan alfa selulosa yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan NaOH. Penambahan 15 mg alfa selulosa di dalam 25 ml larutan logam berat 10 ppm dapat menyerap logam kadmium (Cd^{2+}) lebih efektif hingga 78,93%. Oleh karena itu, kami akan menerapkan alfa selulosa sebagai adsorben untuk menurunkan kandungan logam berat pada limbah cair industri elektroplating.

Selulosa dan hemiselulosa pada sabut kelapa muda diselubungi atau saling terikat dengan lignin. Karena selulosa diselubungi lignin maka perlu dilakukan beberapa proses untuk memperolehnya. Proses tersebut antara lain pretreatment, delignifikasi lignin, dan bleaching. Proses pretreatment berguna untuk melemahkan ikatan pada hemiselulosa. Hal ini yang menyebabkan pada proses pemasakan hemiselulosa akan lebih banyak larut dalam cairan pemasakan (Fengel, et al., 1995). Delignifikasi adalah langkah pertama yang bertujuan untuk mengurangi jumlah lignin dalam bahan lignoselulosa (Kirk & Othmer, 1952). Proses delignifikasi membuka struktur lignoselulosa sehingga lebih mudah memperoleh selulosa. Proses bleaching bertujuan untuk menghilangkan sisa lignin dan karbohidrat yang tidak terpisah sempurna pada bubur kayu selulosa (Mersa, 2008).

Lignin dapat terdegradasi dengan baik pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ (Wibisono, et al., 2011). Telah dilakukan sebelumnya penelitian tentang isolasi alfa selulosa dari beberapa sumber tanaman, sepeisrti dari tanaman ubi kayu (Sumada, et al., 2016), hasil terbaik menggunakan larutan Na_2SO_3 20 % pada proses delignifikasi, serta pada proses bleaching diperoleh hasil terbaik menggunakan larutan H_2O_2 2%, dan kadar α -selulosa yang didapat sebesar 90,41 %. Penelitian yang dilakukan (Fatimah, 2018) tentang Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH, Kecepatan Pengadukan, Temperatur, dan Waktu Pemasakan Terhadap Kualitas Pulp dari Batang Tembakau (*Nicotiana tabacum*), menyatakan bahwa alfa selulosa mencapai kadar optimum dengan pemasakan menggunakan NaOH konsentrasi 12.5% sebesar 68%, kecepatan pengadukan 150 rpm sebesar 52%, temperatur $150\text{ }^\circ\text{C}$ sebesar 82%, dan waktu pemasakan 1.5 jam sebesar 35%. Rasio optimal sampel terhadap pelarut adalah 1:12 (m:v), yang dapat mencapai kandungan alfa selulosa sebesar 56,92% (Lismeri, et al., 2016). Proses terakhir yaitu proses bleaching (pemutihan). Menurut Irfanto pada penelitiannya di tahun 2016, kondisi operasi optimal proses pemutihan untuk memperoleh hasil hidrolisis daun lontar adalah penggunaan pelarut H_2O_2 pada suhu $90\text{ }^\circ\text{C}$ dan waktu pemutihan 60 menit. α -Selulosa yang dihasilkan mencapai 95,11%.

Dari beberapa penelitian tersebut masih belum ada yang melakukan variasi suhu pada proses

isolasi alfa selulosa, padahal salah satu faktor penting yang mempengaruhi selama proses delignifikasi adalah suhu (Suprihatin, et al., 2021). Oleh karena itu kami akan memeperbaruinya dengan variasi suhu dan konsentrasi yang berbeda sehingga didapatkan kandungan alfa selulosa yang lebih baik. Dan produk alfa selulosa tersebut dapat digunakan untuk mengadsorpsi logam berat. Dari beberapa penjelasan diatas hipotesis dari penelitian ini adalah limbah sabut kelapa muda dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan alfa-selulosa, dimana peningkatan nilai alfa selulosa dipengaruhi oleh suhu dan konsentrasi larutan. Semakin tinggi suhu pemasakan dan konsentrasi larutan delignifikasi, maka akan semakin besar pula persentase alfa selulosa yang didapatkan. Dan untuk tujuan dari penelitian ini adalah mengisolasi alfa-selulosa dari sabut kelapa muda untuk adsorpsi logam berat Cu^{2+} dan Ni^{2+} pada limbah industri elektroplating dengan variasi suhu serta konsentrasi larutan pemasak (Na_2SO_3) pada proses delignifikasi.

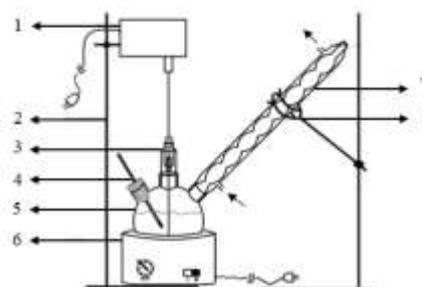
METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Sampel sabut kelapa muda yang diperoleh dari Kecamatan Driyorejo. Sabut kelapa muda memiliki kandungan selulosa 42% dan lignin 22%. Kemudian Aquadest (sebagai pelarut), Na_2SO_3 98% (sebagai larutan pemasak), dan H_2O_2 50% (sebagai larutan pada proses bleaching) yang didapatkan dari daerah Surabaya.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain motor pengaduk, statif, batang pengaduk, thermometer, labu leher tiga, heating mantel, kondensor, klem



Gambar 1. Rangkaian Alat Delignifikasi

1. Motor Pengaduk
2. Statif
3. Batang Pengaduk
4. Thermometer
5. Labu leher tiga
6. Heating Mantel
7. Kondensor
8. Klem

Prosedur

Pretreatment

Tahap ini diawali dengan pembersihan sabut kelapa muda dari batok kelapa dan kulit kelapa muda. Setelah itu, dicacah dan dihaluskan. Kemudian dikeringkan selama 2 jam dengan suhu 100 °C, lalu diayak lagi dengan ayakan ukuran 50 mesh, untuk memastikan tidak ada bubuk sabut kelapa muda tidak ada yang menggumpal. Selanjutnya bubuk sabut kelapa yang didapatkan dimasak sebanyak 50 gram dengan aquadest sebanyak 300 ml. Pemasakan dilakukan menggunakan alat magnetic stirrer selama 1 jam pada suhu 100 °C. Setelah itu, dilakukan penyaringan untuk diambil residunya yang kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100 °C selama 2 jam, lalu diayak dengan ayakan ukuran 50 mesh. Hasil pengayakan tersebut berupa bubuk sabut pretreatment.

Delignifikasi

Tahap delignifikasi dilakukan dengan pemasakan bubuk sabut kelapa muda sebanyak 25 gram menggunakan larutan Na₂SO₃ dengan konsentrasi sesuai variabel yang ditentukan (C (%) = 10,2; 15,3; 20,4; 25,5; 30,6), untuk penambahan larutan Na₂SO₃ yaitu sebesar 1000 ml. Pemasakan dilakukan menggunakan labu leher tiga dengan pengadukan selama 1,5 jam, dengan laju pengadukan 150 rpm, dan suhu sesuai variabel yang ditentukan (T (°C) = 60; 70; 80; 90; 100). Selanjutnya, dilakukan penyaringan dan diambil residunya, yang kemudian dicuci dengan air mengalir hingga pH netral, setelah pH netral dilakukan proses bleaching.

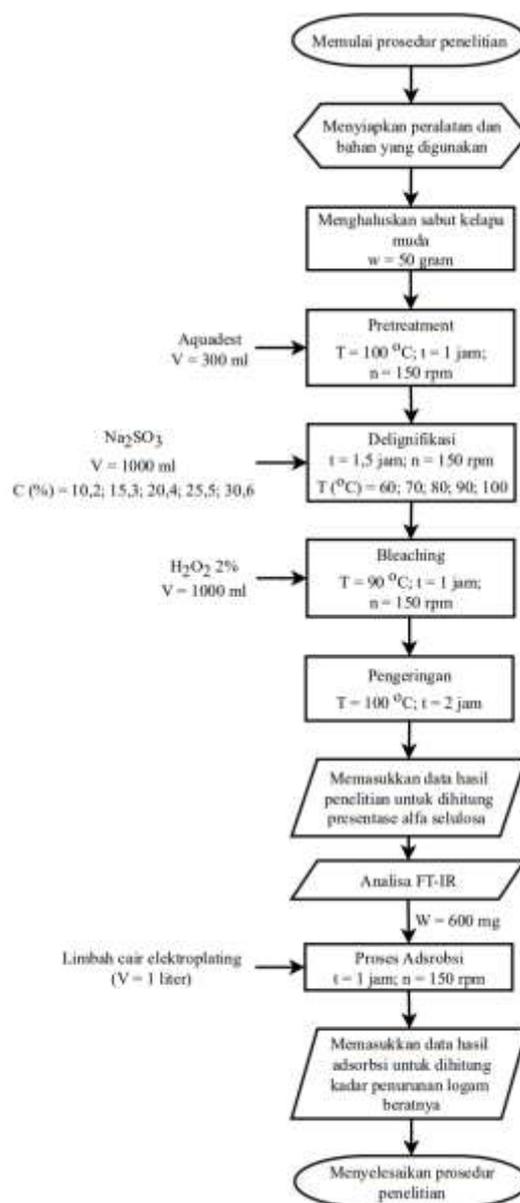
Bleaching

Tahap bleaching dilakukan dengan memasak bubuk alfa selulosa hasil proses delignifikasi sebelumnya, dengan menggunakan larutan H₂O₂ 2% sebanyak 1000 ml, dengan suhu pemasakan 90 °C, selama 3 jam. Selanjutnya, dilakukan penyaringan untuk diambil residunya, residu selanjutnya dikeringkan dengan oven dengan suhu 100 °C selama 2 jam, lalu diayak dengan ayakan ukuran 50 mesh. Hasil dari proses ini berupa bubuk alfa selulosa murni yang selanjutnya dilakukan analisa sesuai dengan SII. 0443-81, untuk mengetahui presentase alfa selulosa dari masing-masing treatment, serta analisis gugus fungsi menggunakan FT-IR untuk mengetahui spektrum alfa selulosa yang didapat sesuai atau menyerupai dengan spektrum alfa selulosa komersial.

Adsorpsi

Proses penyerapan logam berat dengan cara adsorpsi dilakukan dengan mencampurkan 1 liter limbah cair elektroplating dengan 600 mg serbuk alfa selulosa yang didapat. Proses adsorpsi dilakukan pada suhu ruang 25 °C, selama 1 jam dengan pengadukan

selama 30 menit menggunakan kecepatan 150 rpm. Selanjutnya setelah proses selesai, dilakukan analisa kadar logam berat Cu²⁺ dan Ni²⁺ sesuai dengan SNI 6989.84:2019 untuk diketahui seberapa besar penurunan logam berat dari hasil adsorpsi bubuk alfa selulosa yang didapat.



Gambar 2. Diagram alir proses penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan isolasi α -Selulosa dari sabut kelapa muda. Sebelum dilakukan proses isolasi α -Selulosa, terlebih dahulu bahan baku sabut kelapa muda yang telah dihaluskan dianalisa kadar selulosa serta ligninnya. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Kadar selulosa dan lignin pada bahan baku serbuk sabut kelapa muda

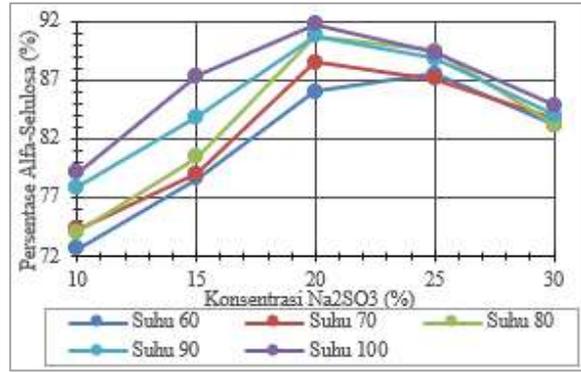
Jenis	Kadar (%)
Selulosa	42,65
Lignin	22,03

(Lab. Chem-Mix Pratama, 2023)

Analisa bahan baku dilakukan untuk mengetahui bahwa bahan baku yang digunakan layak atau tidak sebagai bahan pembuatan α -Selulosa. Terlihat pada Tabel 1, dimana kadar selulosa sebesar 42,65% dan kadar lignin sebesar 22,03%. Menurut (Stephenson & Newel, 1950), syarat bahan alam non kayu yang dapat diolah menjadi α -Selulosa adalah kadar selulosa lebih dari 40%, kadar lignin kurang dari 25%, kadar air maksimal 10%, dan memiliki kadar abu yang kecil. Dari hasil analisa bahan baku (sabut kelapa muda) menunjukkan bahwa sabut kelapa muda layak untuk menjadi bahan baku pembuatan α -Selulosa. Proses isolasi tersebut meliputi proses pretreatment, delignifikasi dan bleaching. Penelitian ini berfokus pada proses delignifikasi kimia, dengan melakukan variasi suhu (60; 70; 80; 90; 100 °C) dan konsentrasi larutan Na_2SO_3 (10,2; 15,3; 20,4; 25,5; 30,6 %). Serbuk hasil treatment-treatment tersebut, kemudian dianalisa secara gravimetri untuk diketahui besar presentase kandungan α -Selulosanya. Serbuk α -Selulosa dengan kandungan paling besar akan diuji gugus fungsinya, untuk mengetahui kemiripan gugus fungsinya dengan gugus fungsi α -Selulosa standar, serta dilakukan proses absorpsi, agar diketahui seberapa besar penyerapan dari α -Selulosa yang diperoleh.

Perolehan Presentase Kandungan α -Selulosa

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi larutan Na_2SO_3 maka semakin besar pula konsentrasi α -selulosa yang diperoleh. Namun, pada konsentrasi yang terlalu tinggi presentase α -selulosa yang diperoleh menunjukkan penurunan. Kadar α -selulosa yang diperoleh cenderung naik hingga mencapai konsentrasi 20,4%, dan mulai mengalami penurunan pada konsentrasi setelahnya, yaitu konsentrasi 25,5% dan 30,6%.

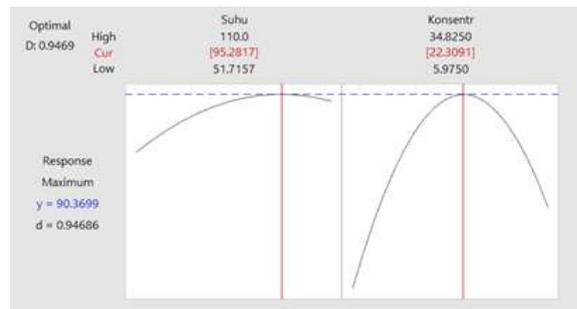


Gambar 3. Hubungan Konsentrasi Na_2SO_3 dan suhu dengan Persentase α -selulosa

Proses delignifikasi merupakan proses penghilangan lignin, pada proses ini konsentrasi larutan pemasak sangat berpengaruh. Dimana semakin besar konsentrasi larutan pemasak yang digunakan, maka lignin yang terdegradasi juga akan semakin banyak, sehingga kadar α -selulosa yang diperoleh semakin tinggi. Akan tetapi, jika konsentrasi yang digunakan terlalu tinggi, maka selulosa juga akan ikut terdegradasi, hal itu menyebabkan perolehan kadar α -selulosa menjadi turun (Gellerstedt & Henriksson, 2009). Hal tersebut yang menjadi faktor terjadinya penurunan kadar α -selulosa pada konsentrasi larutan Na_2SO_3 25,5% dan 30,6%, karena pada konsentrasi tersebut dengan variasi suhu yang sama, terjadi degradasi selulosa.

Gambar 3 juga menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan pada proses delignifikasi maka semakin besar pula kadar α -selulosa yang didapat. Pada variasi suhu 60; 70; 80; 90; dan 100 °C, hasil terbaik diperoleh pada suhu yang paling tinggi, yaitu suhu 100 °C. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi suhu, maka lignin yang terdegradasi juga akan semakin besar. Menurut (Sumada, et al., 2016), lignin dapat terdegradasi dengan baik pada suhu 100 °C-160 °C. Hasil terbaik pada penelitian ini yaitu pada suhu 100 °C serta konsentrasi larutan Na_2SO_3 20,4% dengan persentase kadar α -selulosa yang didapat sebesar 91,7%.

Analisa Responce Surface Methodology



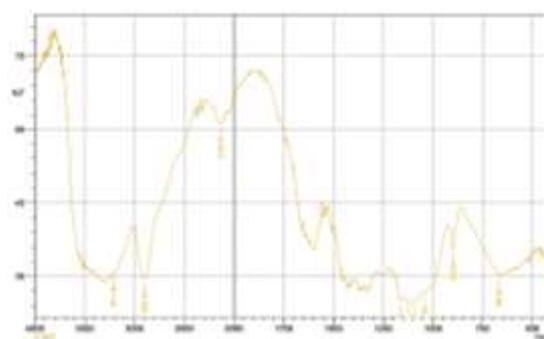
Gambar 4. Hasil Optimasi Suhu dan Konsentrasi Delignifikasi (Na_2SO_3) agar diperoleh Hasil Persentase α -selulosa Terbaik

Response Surface Methodology (RSM) adalah teknik statistik yang untuk mengoptimalkan kondisi eksperimen. Metode RSM ini dapat disajikan dalam bentuk plot data tiga dimensi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil Persentase α -selulosa terbaik yaitu 91,7 % pada kondisi suhu 100 °C dan konsentrasi delignifikasi 20,4 %. Dari hasil tersebut dapat dianalisis menggunakan metode RSM. Metode RSM disajikan dalam bentuk plot data tiga dimensi. Metode ini berguna untuk mengetahui kondisi yang lebih optimal dibandingkan perlakuan kondisi yang telah dilakukan dalam penelitian. Berdasarkan Gambar 4 terlihat hasil optimasi suhu dan konsentrasi delignifikasi terhadap persentase α -selulosa. Optimasi ini dilakukan pada rentang suhu 51,7 - 110 °C. Dan konsentrasi delignifikasi (Na_2SO_3) dari 5,975 - 34,825 %. Dari optimasi tersebut diperoleh hasil yang optimal yaitu pada suhu 95 °C dan konsentrasi (Na_2SO_3) 22,3 %. Sehingga, dapat disimpulkan hasil optimasi tidak memiliki kenaikan hasil yang signifikan dibanding kondisi aktual yang dilakukan pada penelitian.

Karakterisasi α -Selulosa Menggunakan FTIR

Karakterisasi α -selulosa pada suatu bahan dapat diketahui melalui beberapa cara, salah satunya menggunakan FT-IR. Analisa FT-IR ini diperlukan untuk memvalidasi dan mendukung data kuantitatif yang diperoleh di atas benar merupakan alpha-selulosa yang diinginkan. Sampel α -selulosa yang digunakan untuk pengujian FT-IR merupakan sampel yang telah melalui tahap pretreatment, delignifikasi, dan bleaching, serta berbentuk serbuk.

Analisis karakteristik menggunakan teknik FT-IR merupakan suatu metode analisis gugus fungsi suatu senyawa dengan cara memeriksa intensitas serapan dan panjang gelombang masing-masing gugus yang bergetar pada bilangan gelombang karakteristiknya yang memancarkan radiasi infra merah. Spektroskopi FTIR erat kaitannya dengan getaran. Acuan pengamatan getaran molekul senyawa organik adalah bilangan gelombang antara 4.000 hingga 400 cm^{-1} . Karakterisasi FT-IR dilakukan dengan memantau peningkatan intensitas molekul selulosa dan penurunan intensitas gugus fungsi yang ada dalam molekul lignin untuk membantu evaluasi hasil terkait senyawa yang diinginkan bahwa selulosa alfa benar-benar telah terbentuk (Jufrinaldi, 2018). Sampel yang digunakan untuk analisa FT-IR adalah sampel dengan presentasi kadar α -Selulosa terbaik, yaitu sampel dengan perlakuan suhu 100 °C dan konsentrasi larutan Na_2SO_3 20,4%. Hasil analisis karakterisasi sampel α -selulosa menggunakan FT-IR dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Spektrum IR α -selulosa sabut kelapa muda yang dihasilkan
(Laboratorium Mineral dan Material Maju-UNM, 2023)

Perbandingan antara rentang gelombang spektrum IR α -selulosa standar dengan spektrum IR α -selulosa sabut kelapa muda hasil penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan panjang gelombang (cm^{-1}) pada spektrum IR α -selulosa standar dan hasil isolasi sabut kelapa muda

Gugus Fungsi	Panjang Gelombang (cm^{-1})	
	α -selulosa Standar ⁽¹⁾	α -selulosa hasil penelitian ⁽²⁾
O-H	3200-3600	3200-3600
C-H	2850-2970	2850-2970
C-H	1350-1470	1340-1470
C-O-C; C-O	900-1200	1050-1300
C=C	-	1500-1600
Ikatan β -glikosida	890-900	890-898

⁽¹⁾ (Fengel, et al., 1995)

⁽²⁾ (Laboratorium Mineral dan Material Maju-UNM, 2023)

Dapat dilihat pada tabel 2, perbandingan data panjang gelombang spektrum IR α -selulosa standar dengan α -selulosa hasil isolasi sabut kelapa muda bahwa keduanya memiliki persamaan. Hasil isolasi α -selulosa yang dilakukan sudah membentuk senyawa α -selulosa yang diinginkan, hal tersebut dapat dilihat dengan adanya ikatan β -glikosida pada rentang serapan gelombang 890-989 cm^{-1} , serta terdapat gugus C-O-C pada rentang serapan gelombang 1050-1300 cm^{-1} . Namun, pada spektrum IR α -selulosa hasil isolasi dari sabut kelapa muda memiliki gelombang serapan pada rentang 1500-1600 cm^{-1} yang mengidentifikasi adanya gugus C=C aromatis, hal tersebut mengartikan bahwa masih terdapat senyawa lignin pada α -selulosa yang didapatkan dari hasil isolasi sabut kelapa muda yang kami dapatkan. Hal tersebut dapat terjadi karena pada penelitian kali ini digunakan suhu yang rendah (60; 70; 80; 90; 100 °C), sedangkan lignin akan mulai terdegradasi pada suhu

100 °C, dan akan terdegradasi sempurna pada suhu 180 °C (Fengel, et al., 1995).

Absorpsi Logam Berat Cu²⁺ dan Ni²⁺ dengan α-Selulosa Hasil Isolasi

Tabel 3. Data absorpsi penyerapan logam berat

Jenis Logam Berat	Kadar Awal (mg/l) ⁽¹⁾	Kadar Setelah Absorpsi (mg/l) ⁽²⁾	Persen Penurunan (%)
Nikel (Ni ²⁺)	392,6	158,37	59,7
Tembaga (Cu ²⁺)	321,43	98,91	69,2

⁽¹⁾ (BBTKLPP, 2023)

⁽²⁾ (BSPJI-Surabaya, 2023)

Hasil isolasi serbuk α-selulosa dari sabut kelapa muda yang diperoleh diperlakukan lagi dengan cara digunakan sebagai absorben limbah cair industri elektroplating yang mengandung logam berat Cu²⁺ dan Ni²⁺. Proses absorpsi tersebut menggunakan 600 mg serbuk α-selulosa hasil penelitian, pada 1 liter air sampel limbah. Hasil proses tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Dilihat pada tabel 3, dapat dikatakan bahwa α-selulosa yang diperoleh dapat mengabsorpsi logam berat pada limbah cair dengan cukup signifikan, dimana logam berat pada limbah cair dapat menurun hingga diatas 50%. Hal ini berarti α-selulosa hasil isolasi dari sabut kelapa muda memiliki potensi untuk dijadikan sebagai absorben logam berat. Namun, hasil dari proses absorpsi pada logam berat ini belum memenuhi baku mutu air limbah berdasarkan SKGUB Jawa Timur No. 45 Tahun 2002, dimana baku mutu kandungan logam berat pada limbah industri maksimal adalah 1 mg/l dan 0,6 mg/l untuk Nikel (Ni²⁺) dan Tembaga (Cu²⁺). Agar dapat menurunkan lebih besar lagi kadar logam berat dalam sampel limbah cair, dapat dilakukan dengan memberikan perlakuan suhu pada saat proses absorpsi berlangsung, dapat pula dilakukan penambahan waktu absorpsi agar lebih banyak lagi logam berat (absorbat) yang terserap dalam α-selulosa sebagai absorben (Botahala, 2022), sehingga diharapkan hasil limbah cair yang telah diabsorpsi telah memenuhi standar.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian isolasi α-selulosa dari sabut kelapa muda yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa α-selulosa memiliki hasil terbaik pada perlakuan suhu 100 °C dan konsentrasi larutan Na₂SO₃ sebesar 20,4% pada saat proses delignifikasi, dengan perolehan kadar α-selulosa sebesar 91,7%. Hasil analisa gugus fungsi dengan metode FT-IR, α-Selulosa yang dihasilkan penelitian

memiliki kemiripan dengan α-Selulosa standar. Proses absorpsi logam berat dengan α-selulosa hasil isolasi diperoleh penurunan kadar logam berat Nikel (Ni²⁺) sebanyak 59,6%, serta logam berat Tembaga (Cu²⁺) diturunkan sebanyak 69,2%.

SARAN

Adapun saran setelah dilakukannya penelitian ini yakni perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait isolasi α-selulosa agar diperoleh α-selulosa dengan kadar yang lebih tinggi, dimana dapat dilakukan pengembangan mengenai suhu pemasakan serta konsentrasi larutan yang dipakai dengan jangkauan variable yang lebih besar, atau juga dapat dilakukan pengembangan variable terhadap kondisi yang ditetapkan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adhani, R. & Husaini, 2017. *LOGAM BERAT SEKITAR MANUSIA*. 2nd ed. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.

BBTKLPP, 2023. *LAPORAN HASIL PENGUJIAN Nomor: TL.02.04/5.1/555/2023*, Surabaya: Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP).

Botahala, L., 2022. *ADSORPSI ARANG AKTIF (KIMIA PERMUKAAN - KIMIA ZAT PADAT - KIMIA KATALIS)*, Yogyakarta: Deepublish.

BSPJI-Surabaya, 2023. *LAPORAN HASIL UJI Nomor: B/05230/BSPJI-Surabaya/MS.08.02.01/IX/2023*, Surabaya: Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi, Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Surabaya.

Damanik, T. A., Yulianti, L. I. M. & Wibowo, A., 2016. *Skripsi: KEMAMPUAN ALFA SELULOSA DARI SABUT KELAPA HIJAU (Cocos nucifera L.) SEBAGAI BIOADSORBEN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd)*, Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Fatimah, H., 2018. *PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN NaOH, KECEPATAN PENGADUKAN, TEMPERATUR, DAN WAKTU PEMASAKAN TERHADAP KUALITAS PULP DARI BATANG TEMBAKAU (Nicotiana tabacum)*, Mataram: Universitas Mataram.

Fengel, D., Wegener, G. & Sastrohamidjojo, H., 1995. *Kayu : kimia, ultrastruktur, reaksi-reaksi*. 1st ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Gellerstedt, G. & Henriksson, G., 2009. *Pulping Chemistry and Technology*. Berlin: Walter de Gruyter.

- Irianti, T. T., Kuswandi, Nuranto, S. & Budiyatni, A., 2017. *LOGAM BERAT & KESEHATAN*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Ismadji, S. et al., 2021. *ADSORPSI PADA FASE CAIR: KESETIMBANGAN, KINETIKA, DAN TERMODINAMIKA*. 1st ed. Surabaya: Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- Jufrinaldi, 2018. Isolasi Selulosa dari Bagas Tebu Melalui Pemanasan Iradiasi Gelombang Mikro. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, Volume II, pp. 36-46.
- Kirk, R. & Othmer, D., 1952. *Encyclopedia Of Chemical Tecnology*. New York: The International Science Encyclopedia Inc..
- Kondo, Y. & Arsyad, M., 2018. *EFEK PERENDAMAN ALKALI TERHADAP KANDUNGAN LIGNOSELULOSA SERAT SABUT KELAPA*. Makassar, Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M).
- Lab. Chem-Mix Pratama, 2023. *HASIL ANALISA Nomor:002/CMP/08/2023*, Yogyakarta: Laboratorium Chem-Mix Pratama.
- Laboratorium Mineral dan Material Maju-UNM, 2023. *LAPORAN HASIL UJI Nomor: LSUM.LHU.F.788.2023*, Malang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang.
- Lismeri, L., Zari, P. M., Novarani, T. & Darni, Y., 2016. SINTESIS SELULOSA ASETAT DARI LIMBAH BATANG UBI KAYU. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, XI(2), pp. 82-91.
- Mersa, R. N., 2008. *Skripsi: Karakterisasi Selulosa Mikrokrystal dari Serbuk Gergaji Kayu Albasia sebagai Eksipien Tablet Metode Kempa Langsung*, Sumedang: Universitas Padjadjaran.
- Palar, H., 2008. *Pencemaran & Toksiologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Paskawati, Y. A., Susyana, Antaresti & Retnoningtyas, E. S., 2017. Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas Komposit Alternatif. *Widya Teknik*, IX(1), pp. 12-21.
- Rowell, R. M., 2005. *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. 1st ed. Boca Raton: CRC Press.
- Safitra, M. T. P. J., 2021. *Skripsi: ANALISIS PENGARUH DEGRADASI LIGNIN SERAT SABUT KELAPA MENGGUNAKAN MEDIASI FUNGI TERHADAP KARAKTERISTIK INTERLOCK SERAT-MATRIKS*, Gowa: Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Sarumaha, G. E. & Muchtar, Z., 2022. Synthesis and Characterization of α -Cellulose from Young Coconut Coir (*Cocos nucifera* L.). *IJCST-UNIMED*, V(1), pp. 28-30.
- Stephenson, N. J. & Newel, 1950. *Preparation and Treatment of Wood Pulp*. New York: Mc.Grow Hill Book Company.
- Sumada, K., 2011. KAJIAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI ELEKTROPLATING YANG EFISIEN. *Jurnal Teknik Kimia*, I(1), pp. 26-35.
- Sumada, K., Tamara, P. E. & Alqani, F., 2016. KAJIAN PROSES ISOLASI α SELULOSA DARI LIMBAH BATANG TANAMAN MANIHOT ESCULENTA CRANTZ YANG EFISIEN. *Jurnal Teknik Kimia*, V(2), pp. 434-438.
- Suprihatin, Kartika, Y. N., Lestari, N. A. & Nurmawati, A., 2021. *ISOLASI ALFA SELLULOSA DARI LIMBAH BATANG TEMBAKAU SEBAGAI BAHAN BAKU PRODUKSI BIOETANOL*. Surabaya, Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XVII.
- Sutamihardja, 2006. *Toksikologi Lingkungan Buku Ajar Program Studi ilmu Lingkungan Universitas Indonesia*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Wibisono, I., Leonardo, H., Antaresti & Aylianawati, 2011. PEMBUATAN PULP DARI ALANG-ALANG. *WIDYA TEKNIK*, X(1), pp. 11-20.
- Yang, X., Feng, Y., He, Z. & Stoffella, P. J., 2005. Review: Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, XVIII(4), pp. 339-353.