

**SINTESIS NANOKRISTAL SELULOSA DARI AMPAS TEBU DAN
APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM TEMBAGA(II)**

**SYNTHESIS OF CELLULOSE NANOCRYTALS FROM BAGASSE AND
APPLICATION AS A COPPER(II) METAL ION ADSORBEN**

LINDA MARWATI DEWI

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Mataram, Jl. Majapahit, No.62, Gomong, Selaparang, Mataram, Nusa Tenggara
Barat,

email: Lindadewym@gmail.com

Abstrak. Kandungan ion logam Cu (II) yang terdapat pada air limbah industri dapat membawa dampak negatif bagi manusia dan lingkungan. Salah satu metode yang paling efektif untuk menangani limbah logam berat adalah adsorpsi menggunakan adsorben yang terbuat dari serat alam. Nanokristal selulosa merupakan adsorben yang terbuat dari serat ampas tebu yang mempunyai permukaan yang luas untuk berinteraksi dengan logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik adsorben nanokristal selulosa ampas tebu, kondisi optimum dan model isoterm adsorpsi terhadap ion logam Cu (II) dengan menggunakan metode hidrolisis asam. Berdasarkan penelitian diperoleh karakteristik nanokristal selulosa menggunakan FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi O-H ($3400,44\text{ cm}^{-1}$), C-H ($2902,43\text{ cm}^{-1}$), C-O-C (1113 cm^{-1}), C-O ($1060,88\text{ cm}^{-1}$) dan C-H ($897,37\text{ cm}^{-1}$) dengan ukuran sebesar $1,084\text{ nm}$ dan puncak tertinggi pada $2\theta = 25,263^\circ$ dan pada $2\theta = 17,634^\circ$. Pada proses adsorpsi diperoleh massa optimum penyerapan ion logam Cu (II) sebesar $0,45\text{ g}$, pH optimum 6, konsentrasi optimum 15 ppm dan model isoterm yaitu model isoterm Freundlich dengan nilai $R^2\ 0,9287$, sehingga dapat disimpulkan adsorben nanokristal selulosa ampas tebu mempunyai kemampuan yang baik untuk mengadsorpsi ion logam Cu (II).

Kata kunci: Ampas tebu, nanokristal selulosa, adsorben, adsorpsi, ion logam Cu (II)

Abstract. The content of Cu (II) metal ions in industrial wastewater can have a negative impact on humans and the environment. One of the most effective methods for dealing with heavy metal waste is adsorption using adsorbents made from natural fibers. Cellulose nanocrystals are adsorbents made from bagasse fibers which have a wider surface to interact with metals. This study aims to determine the characteristic of bagasse cellulose nanocrystal adsorbent, optimum conditions and adsorption isotherm models for metal ion Cu (II) with acid hydrolysis. From the research, the characteristics of cellulose nanocrystals with FTIR have functional groups O-H ($3400,44\text{ cm}^{-1}$), C-H ($2902,43\text{ cm}^{-1}$), C-O-C (1113 cm^{-1}), C-O ($1060,88\text{ cm}^{-1}$) and C-H ($897,37\text{ cm}^{-1}$), with a size of $1,084\text{ nm}$ and the highest peak at $2\theta = 25,263^\circ$ and at $2\theta = 17,634^\circ$. In the adsorption process, the optimum mass of Cu (II) metal ion adsorption was $0,45\text{ g}$, optimum pH was 6 with concentration of 15 ppm, and isotherm model was the Freundlich isotherm with an R^2 of 0,9287, so it can be concluded that bagasse cellulose nanocrystal adsorbent has good ability to adsorb ion metal Cu (II).

Keywords: Sugarcane bagasse, nanocrystal cellulose, adsorbent, adsorption, metal ion Cu (II)

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah limbah industri dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan karena mengandung bahan beracun dan berbahaya (B3). Salah satu kandungan limbah industri yang paling umum yaitu logam berat. Logam berat tembaga merupakan ion logam yang paling umum ditemukan sebagai pencemar dan paling banyak ditemukan pada limbah industri. Pada air limbah kandungan logam tembaga yang melebihi ambang batas maksimum yang sudah ditetapkan dapat menyebabkan tranmisi pencemaran menjadi lebih luas pada berbagai makluk hidup termasuk manusia. Gangguan-gangguan yang dapat ditimbulkan oleh ion logam tembaga antara lain timbulnya warna, bau, dan rasa yang tidak enak pada air, menyebabkan sintesa darah merah, anemia, dan penurunan intelegnesia pada anak, bahkan dapat menyebabkan kematian (Ashish dkk.,2013).

Metode adsorpsi telah diterapkan untuk menangani limbah anorganik dan organik yang mempunyai kelebihan biayanya yang murah, efisiensi yang tinggi dan endapannya tidak bersifat racun serta lebih efektif dibandingkan dengan metode lainnya (Barakat, 2011). Adsorben yang terbuat dari serat alam sedang banyak dikembangkan karena ketersediaannya melimpah dan harga yang relatif murah serta memiliki sifat mudah terdegradasi secara alami. Selulosa merupakan salah satu serat alam yang dapat ditemukan pada limbah pertanian seperti ampas tebu. Kandungan selulosa dalam ampas tebu sebesar 54,42% (Tiwari dkk., 2012). Pada skala nano, selulosa memiliki sifat mekanik yang baik, kristanilitas tinggi sebesar 50% - 90% dan permukaan yang lebih luas dibandingkan dengan selulosa (Mandal dan Chakrabarty, 2014). Luasnya permukaan pada nanokristal selulosa memberikan kemampuan adsorpsi yang lebih besar dibandingkan dengan mikrokristal selulosa (Septevani dkk., 2020).

Nanokristal selulosa umumnya dapat diperoleh dengan cara hidrolisis asam karena mempunyai kelebihan bahannya yang mudah didapat dan prosesnya lebih sederhana. Asam sulfat dan asam klorida adalah asam yang paling sering digunakan karena dapat menghilangkan bagian amorf dari struktur selulosa (Ayu dkk., 2020). Hidrolisis nanokristal selulosa dengan asam sulfat dapat menghasilkan indeks kristanilitas yang lebih tinggi yaitu sebesar 70% dibandingkan dengan asam klorida sebesar 53% - 60% (Ng dkk., 2021). Abiazem (2019) adsorpsi ion logam Pb (II) menggunakan nanokristal selulosa dari kulit singkong dengan metode hidrolisis asam sulfat, menunjukkan model isoterm langmuir dengan massa optimum 6,4 g, suhu optimum 25°C dan pH optimum 6. Luasnya permukaan dan banyaknya gugus OH aktif dalam struktur nanokristal selulosa dapat meningkatkan kinerja adsorpsi (Bhat dkk., 2017).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan dilakukan kajian mengenai penggunaan nanokristal selulosa dari ampas tebu yang dianalisis menggunakan FTIR, XRD dan PSA sebagai adsorben untuk mengadsorpsi ion logam Cu (II) dengan beberapa faktor seperti pengaruh massa, pH, konsentrasi dan model isoterm adsorpsi.

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan yaitu H₂O, NH₃ P.a 25%, Etanol-toluena (1:2), HCl 25%, HCl 37%, HCl 0,1M, H₂O₂ 10%, H₂O₂ 38%, H₂SO₄ 60%, Bubuk CuSO₄.5H₂O, NaOH 0,4% dan NaOH 0,1M.

Prosedur Kerja

Nanokristal Selulosa

a. Preparasi sampel

Limbah ampas tebu yang telah diambil sarinya dicuci kemudian dipisahkan serabut dan kulitnya selanjutnya dijemur dibawah sinar matahari selama tiga hari. Ampas tebu yang telah kering kemudian dipotong kecil-kecil dan diblender hingga menjadi serbuk. Serbuk ampas tebu kemudian diayak menggunakan ayakan 50 mesh.

b. Tahap Dewaxing (Penghilangan senyawa ekstraksi)

Sebanyak 12 g sampel diekstraksi dengan 240 mL etanol – toluena (1:2) pada suhu 85°C selama 4 jam. Sampel ditimbang dan dihitung randemennya.

c. Proses penghilangan pati

Proses penghilangan pati dilakukan dengan cara ekstraksi dengan air panas, dilakukan secara berulang sampai sampel bebas pati. Residu yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 4 jam, ditimbang dan dihitung randemennya.

d. *De-Hemiselulosa*

Sebanyak 5 g residu kering dari proses penghilangan pati dilarutkan kedalam 100 mL NaOH 4% dan dipanaskan pada suhu 85°C selama 2 jam, kemudian didinginkan dan disaring. Pencucian residu menggunakan aquades sampai pH netral. Residu kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 4 jam, ditimbang dan dihitung randemennya. Randemen yang diperoleh kemudian dikarakterisasi gugus fungsinya dengan menggunakan FTIR.

e. *Delignifikasi*

Residu kering dari proses hemiselulosa ditimbang sebanyak 10 g dimasukkan kedalam labu erlenmeyer 1000 mL ditambahkan larutan HCl 25% sebanyak 120 mL , 50 mL H₂O₂ 10% dan aquades 400 mL labu kemudian

direfluks selama 2 jam pada suhu 60°C. Residu yang diperoleh kemudian disaring menggunakan pompa vakum, dinetralkan dengan aquades hingga pH netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 4 jam, ditimbang dan dihitung randemen selulosa. Randemen yang diperoleh kemudian dikarakterisasi gugus fungsinya dengan menggunakan FTIR.

f. Tahap *Bleaching* (Pemutihan)

Residu kering selulosa dimasukkan kedalam labu erlenmeyer 1000 mL ditambahkan larutan HCl 37% sebanyak 100 mL, 50 mL H₂O₂ 38% dan aquades 100 mL kedalam labu kemudian direfluks selama 2 jam pada suhu 60°C. Selanjutnya residu disaring dan dinetralkan dengan aquades hingga pH netral. Residu selulosa hasil *bleaching* dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 4 jam, ditimbang dan dihitung randemennya. Randemen yang diperoleh kemudian dikarakterisasi gugus fungsinya dengan menggunakan FTIR.

g. Persiapan Nanokristal Selulosa

Selulosa yang diperoleh dihidrolisis dengan asam sulfat (H₂SO₄) 60% dengan perbandingan 1:20 (rasio serat dan cairan) selama 5 jam pada suhu 50°C. Hidrolisis dihentikan dengan penambahan aquades sebanyak 500 mL kemudian campuran yang dihasilkan disimpan dan didinginkan pada suhu kamar. Selanjutnya campuran tersebut disentrifugasi selama 5 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Proses sentrifugasi dihentikan setelah 5 kali pencucian dengan aquades. Suspensi koloid yang terbentuk dari supernatan yang keruh dengan pH diatas 5, kemudian diisonikasi selama 5 menit dalam penangas. Suspensi yang dihasilkan kemudian disimpan dalam lemari es kemudian di oven selama 24 jam pada suhu 50°C. Nanokristal yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan PSA dan XRD untuk menganalisis ukuran partikel dan struktur kristal atau semi kristal.

Adsorpsi Logam Cu (II)

a. Analisis Larutan Ion logam Cu (II) Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

1. Pembuatan larutan induk ion logam Cu (II)

Pembuatan larutan induk ion logam Cu (II) 1000 ppm dilakukan dengan mengencerkan kristal CuSO₄.5H₂O sebanyak 1,964 g dengan aquades menggunakan labu ukur 500 mL.

2. Pembuatan kurva kalibrasi ion logam Cu (II)

Larutan induk ion logam tembaga 1000 ppm diencerkan menjadi 100 ppm, selanjutnya larutan ion logam tembaga 100 ppm diencerkan dengan variasi konsentrasi 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm dan 30 ppm kemudian masing-masing larutan ditambahkan 1 mL larutan NH_3 (p.a) dan ditambahkan aquades sampai tanda batas kemudian ditentukan panjang gelombang maksimumnya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 600-700 nm.

b. Pentuan Kondisi Optimum

1. Penentuan massa optimum

Sebanyak 0,15 g adsorben nanokristal selulosa ampas tebu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan 50 mL larutan logam Cu (II) 20 ppm kemudian diaduk menggunakan *shaker* selama 30 menit, kemudian disaring dan filtratnya diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Percobaan ini diulang dengan massa adsorben yang berbeda yaitu 0,30, 0,45, 0,60 dan 0,75 g.

2. Penentuan pH optimum

Sebanyak massa optimum adsorben nanokristal selulosa ampas tebu dimasukkan kedalam erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan 50 mL larutan logam Cu (II) 20 ppm pada pH 3 kemudian diaduk menggunakan *shaker* selama 30 menit, kemudian disaring dan filtratnya diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Percobaan ini diulang dengan pH adsorbat berbeda yaitu 4, 5, 6 dan 7.

3. Penentuan konsentrasi optimum

Sebanyak massa optimum adsorben nanokristal selulosa ampas tebu dimasukkan kedalam erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan 50 mL larutan logam Cu (II) 10 ppm pada pH optimum kemudian diaduk menggunakan *shaker* selama 30 menit, kemudian disaring dan filtratnya diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis

pada panjang gelombang maksimum. Percobaan ini diulang dengan konsentrasi adsorbat yang berbeda yaitu 15, 20, 25 dan 30 ppm.

c. Penentuan Efisiensi dan Kapasitas Adsorpsi

Banyaknya ion logam Cu (II) yang teradsorpsi untuk tiap (mg/g) adsorben dan % adsorpsi ditentukan berdasarkan data yang diperoleh dari hasil analisis spektrofotometer UV-Vis menggunakan persamaan sebagai berikut

1. Kapasitas adsorpsi

$$Q = \left(\frac{C_0 - C_e}{w} \right) \times V \dots \dots \dots (3.1)$$

dimana:

Q = Kapasitas adsorpsi per bobot molekul (mg/g)

C₀ = Konsentrasi awal larutan (ppm)

C_e = konsentrasi akhir larutan (ppm)

w = Massa adsorben (g)

V = Volume larutan (L)

2. Efisiensi adsorpsi (%)

$$\% E = \left(\frac{C_0 - C_e}{C_e} \right) \times 100 \% \dots \dots \dots (3.2)$$

dimana:

E = Efisiensi adsorpsi (%)

C₀ = Konsentrasi awal larutan (ppm)

C_e = konsentrasi akhir larutan (ppm)

d. Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Sebanyak massa optimum adsorben nanokristal selulosa ampas tebu dimasukkan kedalam erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan 50 mL larutan logam Cu (II) 10 ppm kemudian diaduk menggunakan *shaker* pada pH optimum, kemudian disaring dan filtratnya diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Percobaan ini diulang dengan konsentrasi berbeda yaitu 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm dan 30 ppm.

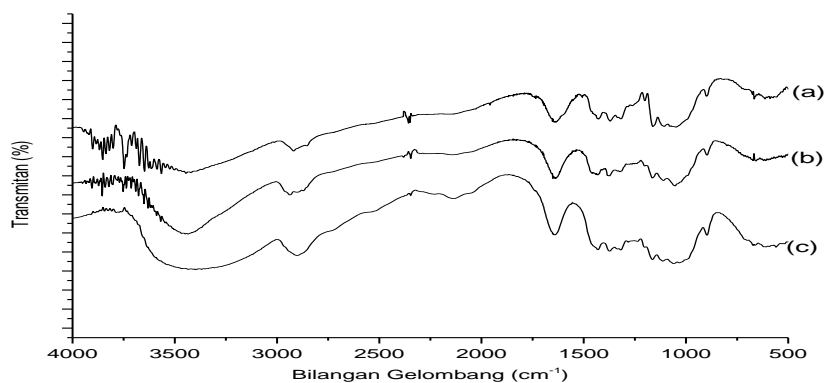
HASIL DAN DISKUSI

Nanokristal Selulosa

Hasil dari tahap *dewaxing* pada percobaan ini didapatkan sampel sebanyak 50 g dengan randemen sebesar 92,592 % (b/b) dengan warna sampel berwarna coklat muda yang menunjukkan masih terdapat zat pengotor lain selain lignin dan hemiselulosa. Pada tahap *de-hemiselulosa* residu yang diperoleh sebanyak 16 g dengan randemen sebesar 27,58 % (b/b). Tahap *delignifikasi* menghasilkan residu sebanyak 14 g dengan randemen sebesar 87,5 % (b/b) dengan warna sampel sedikit kecoklatan yang menandakan masih terdapatnya lignin. Pada tahap *bleaching* didapatkan residu sebanyak 12 g dengan randemen sebesar 85,71 % (b/b) dengan warna residu lebih cerah atau lebih putih. Berkurangnya randemen yang diperoleh disebabkan karena konsentrasi HCl yang semakin tinggi karena banyak terbentuk monomer glukosa yang larut pada saat pencucian (Effendi dkk., 2018). Hasil dari produk nanokristal selulosa yang dihasilkan setelah perlakuan asam berwarna gelap, hal ini dikarenakan perlakuan asam yang tidak dioptimasi konsentrasi pengasaman dan waktu pengasaman sehingga menyebabkan kerusakan pada daerah amorf yang mengakibatkan terjadinya karbonisasi.

Karakterisasi Nanokristal Selulosa

Analisa FTIR selulosa setelah perlakuan *de-hemiselulosa*, *delignifikasi* dan *bleaching* dilakukan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi sehingga didapatkan hasil spectra pada Gambar 1. sebagai berikut



Gambar 1. Spektrum FTIR selulosa ampas tebu pada perlakuan (a) *de-hemiselulosa*, (b) *delignifikasi*, (c) *bleaching*

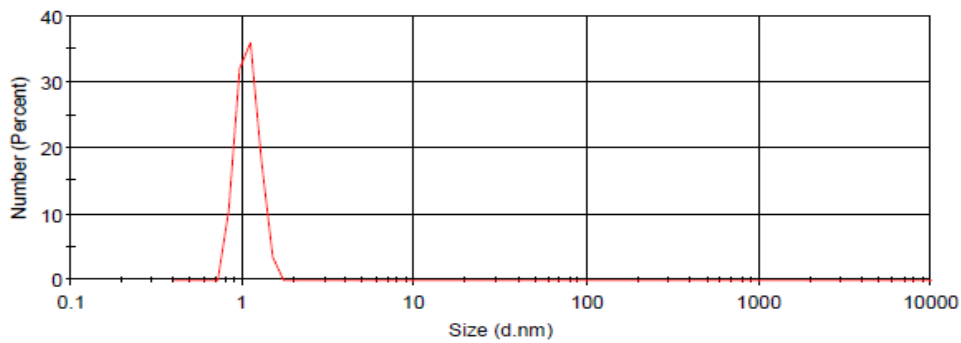
Tabel 1 Perbandingan spektrum bilangan gelombang (a) de-hemiselulosa, (b) delignifikasi dan (c) bleaching

Gugus fungsi Selulosa	Perlakuan			Referensi
	<i>De-Hemiselulosa</i>	<i>Delignifikasi</i>	<i>Bleaching</i>	
	Bilangan gelombang (Cm ⁻¹)			
Regangan O-H	3444,96	3435,28	3400,44	3410 (1) 3448 (2)
C-H	2919,67	2937,41	2902,43	2916 (1) 2924,09 (2)
C=O	1642,19	1638,89	1639,54	1659 (1) 1635 (2)
C-O-C Vibrasi	-	1432,60	1429,94	1429,25 (3)
C-H Regangan	-	-	1318,87	1319,31 (3)
C-O-C Regangan	-	-	1113	1111 (1)
C-O	1048,54	1053,12	1060,88	1058,9 (3)
C-H	-	896,82	897,37	896,90 (3)

Keterangan; (1) Fajriutami dkk (2016), (2) Kusumawardani dkk (2018), Effendi dkk (2018)

Berdasarkan Gambar spektra 1 menunjukkan adanya perubahan bilangan gelombang baik itu pergeseran maupun penghilangan puncak. Pada perlakuan *de-hemiselulosa* dan *delignifikasi* hilangnya gugus fungsi C-O-C dan C-H yang mengindikasikan keberadaan hemiselulosa dan lignin semakin berkurang dengan terdapatnya gugus fungsi C-O-C pada bilangan gelombang 1432,40 cm⁻¹ dan 1429,94 cm⁻¹, kemudian pada bilangan gelombang 1318,87 cm⁻¹ mengindikasikan terdapatnya gugus fungsi C-H pada selulosa. Pada perlakuan *bleaching* munculnya puncak pada bilangan gelombang 1060,88 cm⁻¹ dan 897,37 cm⁻¹ yang merupakan perwakilan gugus fungsi C-O dan C-H pada selulosa, hal ini mengindikasikan selulosa yang dihasilkan merupakan senyawa selulosa murni (Rambababu dkk., 2016). Penurunan nilai absorbansi pada gugus O-H dan C-H menjadi 3400,44 cm⁻¹ dan 2902,43 cm⁻¹ dari perlakuan *de-hemiselulosa* sampai *bleaching* mengindikasikan semakin banyaknya daerah kristalin pada nanokristal selulosa (Effendi dkk., (2018).

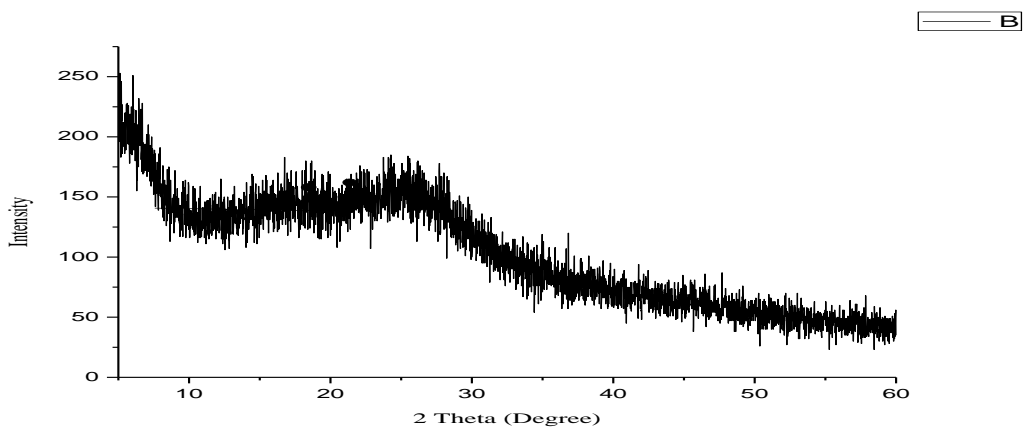
Pengukuran dengan menggunakan PSA dilakukan dengan tujuan untuk menentukan ukuran partikel. Hasil pengukuran PSA nanokristal selulosa ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 2. berikut ini



Gambar 2. Hasil karakterisasi PSA nanokristal selulosa ampas tebu

Berdasarkan Gambar 2. menunjukkan bahwa nanokristal selulosa mempunyai ukuran partikel yang sangat kecil yaitu sebesar 1,084 nm. Hal ini dikarenakan tingginya konsentrasi asam yang digunakan sehingga diameter partikel nanokristal selulosa semakin kecil (wulandari dkk., 2016). Semakin tinggi asam yang digunakan semakin memudahkan untuk menghidrolisis rantai selulosa, dimana asam dengan cepat menembus ke lapisan rantai selulosa dan memutuskan rantai kristal menjadi lebih kecil.

Perbedaan nanokristal selulosa dengan selulosa dapat dilihat dari nilai indeks kristanilitasnya, dimana nanokristal selulosa memiliki nilai indeks kristanilitas yang lebih tinggi dibandingkan selulosa. Hasil dari karakterisasi XRD nanokristal selulosa ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 3. berikut



Gambar 3. Pola XRD nanokristal selulosa ampas tebu

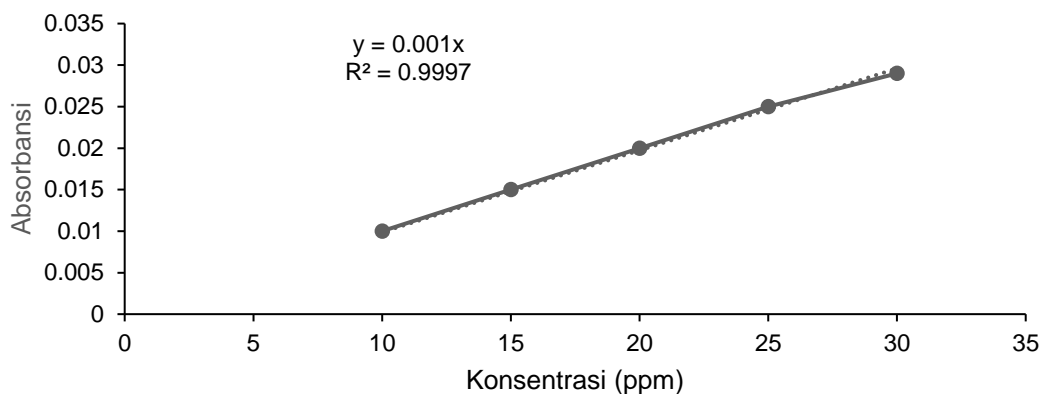
Berdasarkan Gambar 3. menunjukkan hasil analisis XRD nanokristal selulosa ampas tebu berbentuk semikristal yaitu terdapatnya bagian kristal dan bagian amorf sehingga tidak memiliki puncak yang spesifik dimana terdapatnya

dua puncak yaitu pada $2\theta = 25,263^\circ$ dan pada $2\theta = 17,634^\circ$. Hal ini disebabkan karena perlakuan asam yang berlangsung lama yang dapat menyebabkan melemahnya daerah kristal yang mengacu pada kerusakan daerah kristal dan berubah menjadi bagian amorf sehingga dapat mengurangi nilai kristalinitas.

Adsorpsi Ion Logam Tembaga (II)

Pembuatan Kurva Standar Larutan Ion Logam Cu (II)

Kurva standar dibuat dengan cara mengukur absorbansi larutan standar Cu (II) dengan variasi konsentrasi berbeda sehingga dapat diperoleh Grafik kurva kalibrasi larutan Cu (II) yang ditunjukkan pada Gambar 4.

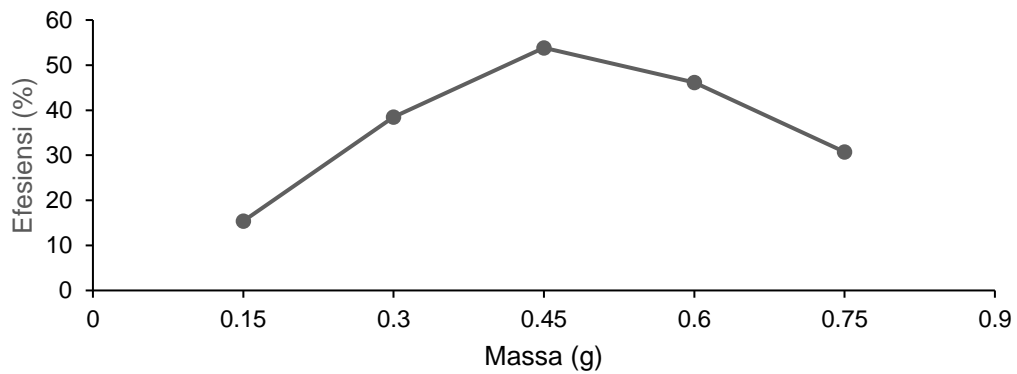


Gambar 4. Grafik kurva kalibrasi larutan standar Cu (II)

Berdasarkan gambar 4. didapatkan persamaan regresi linier $y = 0,001x$ dan harga $R^2 = 0,9997$ dimana terdapat hubungan yang linier antara konsentrasi dengan serapan. Pada grafik tersebut tidak sesuai dengan hukum Lambert Beer yang berlaku yaitu absorbansi berkisar antara 0,2 - 0,8. Hal ini dapat disebabkan karena beberapa faktor seperti kesalahan fotometri. Berdasarkan nilai korelasi yang didapatkan dapat dikatakan baik dan memenuhi syarat linearitas yaitu nilai $R^2 > 0,99$.

Penentuan Kondisi Optimum

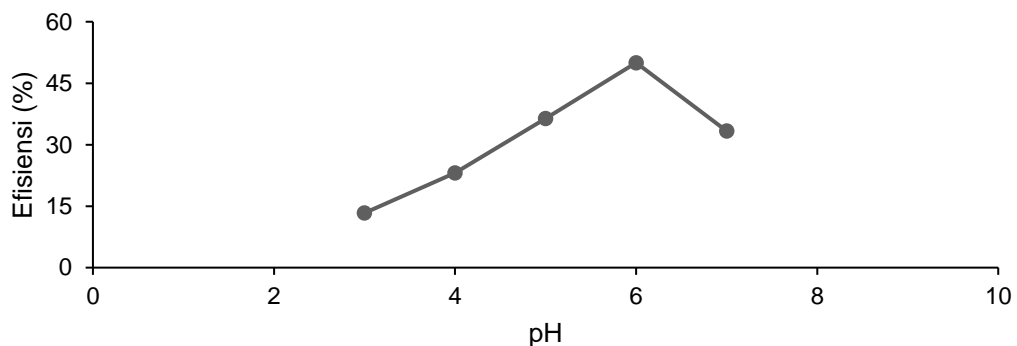
Penentuan massa optimum adsorben bertujuan untuk mengetahui berapakah massa optimum dari adsorben nanokristal selulosa ampas tebu pada proses adsorpsi ion logam Cu (II). Grafik adsorpsi ion logam Cu (II) pada variasi massa dapat dilihat pada Gambar 5. berikut



Gambar 5. Grafik adsorpsi ion logam Cu (II) pada variasi massa

Dari Gambar 5. menunjukkan semakin banyak massa adsorben yang digunakan semakin besar pula daya serap adsorben. Hal ini dikarenakan semakin banyak gugus aktif yang tersedia. Bertambahnya efisiensi penyerapan disebabkan karena bertambahnya jumlah partikel adsorben sedangkan penurunan efisiensi adsorben disebabkan karena gumpalan-gumpalan adsorben yang dapat mengurangi luas permukaan adsorben, sehingga dapat disimpulkan masa optimum adsorben nanokristal selulosa ampas tebu untuk adsorpsi ion logam Cu (II) adalah 0,45 g.

Penentuan pH optimum dilakukan untuk menentukan pH optimum untuk proses adsorpsi ion logam Cu (II) dengan adsorben nanokristal selulosa ampas tebu sehingga didapatkan grafik seperti Gambar 6. berikut

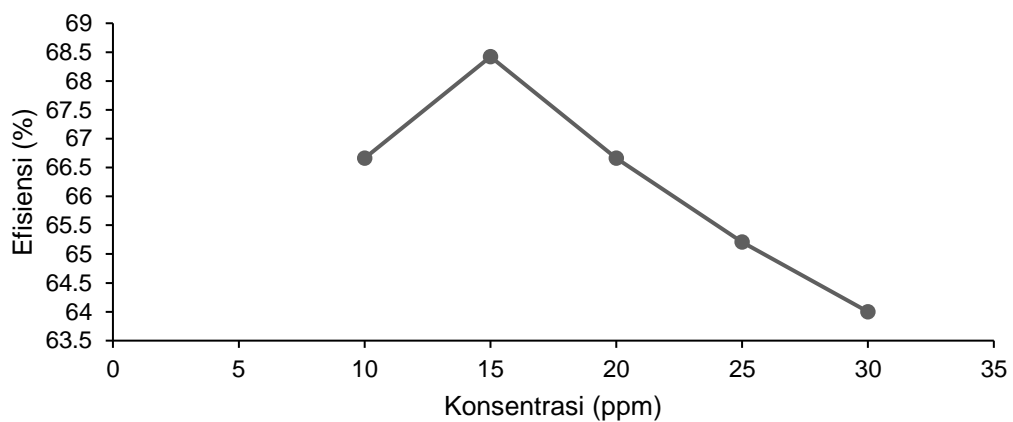


Gambar 6. Grafik adsorpsi ion logam Cu (II) pada variasi pH

Dari gambar 6. menunjukkan peningkatan efisiensi adsorpsi ion logam Cu (II) pada kondisi pH optimum 6 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,55 mg/g dan efisiensi sebesar 50%, hal ini disebabkan karena ion logam memiliki muatan positif dan

kelarutan yang cukup tinggi sehingga dapat berinteraksi dengan adsorben nanokristal selulosa yang memiliki muatan negatif. Rendahnya penyerapan pada pH tinggi dapat disebabkan karena terjadinya penurunan kelarutan ion logam sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan.

Penentuan konsentrasi optimum dilakukan untuk mengetahui konsentrasi ion logam Cu (II) yang dapat diserap oleh adsorben nanokristal selulosa ampas tebu. Hasil dari adsorpsi ion logam Cu (II) pada variasi konsentrasi didapatkan grafik pada Gambar 7. berikut



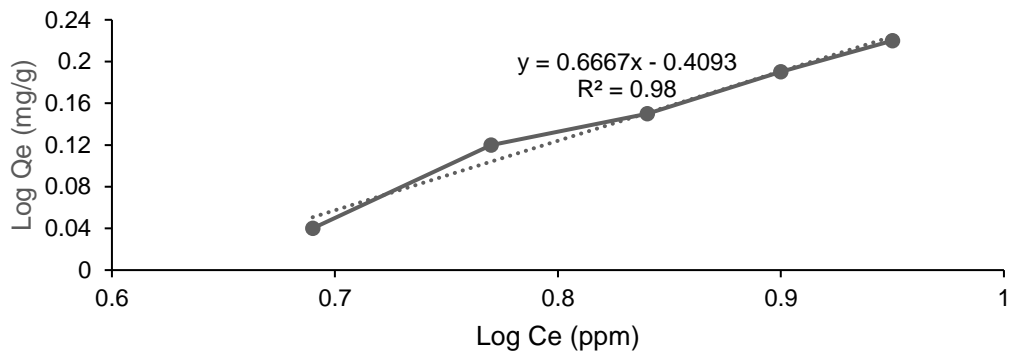
Gambar 7. Grafik adsorpsi ion logam Cu (II) pada variasi konsentrasi

Pada gambar 7. menunjukkan konsentrasi optimum pada konsentrasi 15 ppm dengan efisiensi adsorpsi sebesar 68,42%. Tingginya konsentrasi suatu larutan menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah ion logam yang terikat pada adsorben sehingga efisiensinya semakin meningkat sedangkan penurunan efisiensi terjadinya karena adanya ketidakseimbangan jumlah jumlah partikel adsorben dengan konsentrasi ion logam sehingga memungkinkan terjadinya pelepasan kembali antara adsorben dengan adsorbat.

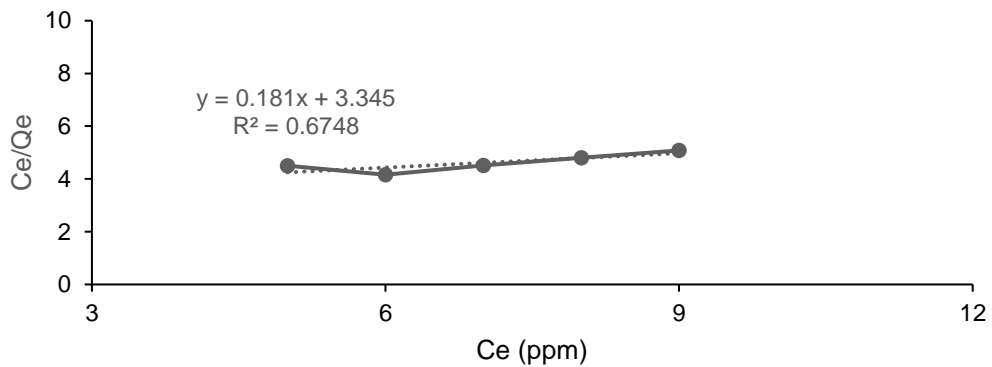
Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Dalam menentukan jenis isoterm adsorpsi ion logam Cu (II) digunakan model isoterm Freundlich dan Langmuir. Persamaan isoterm Freundlich dibuat dengan plot grafik antara $\log Q_e$ dengan $\log C_e$, sedangkan persamaan Langmuir dengan memplotkan grafik antara C_e/Q_e dengan C_e . Persamaan grafik isoterm

adsorpsi ion logam Cu (II) dengan adsorben nanokristal selulosa ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 8. dan 9. berikut



Gambar 8. Grafik persamaan isoterm Freundlich adsorpsi ion logam Cu (II)



Gambar 8. Grafik persamaan isoterm Freundlich adsorpsi ion logam Cu (II)

.Setelah diketahui isoterm adsorpsi maka didapatkan hasil perhitungan model isoterm adsorpsi ion logam Cu (II) yang ditunjukkan pada tabel 2.

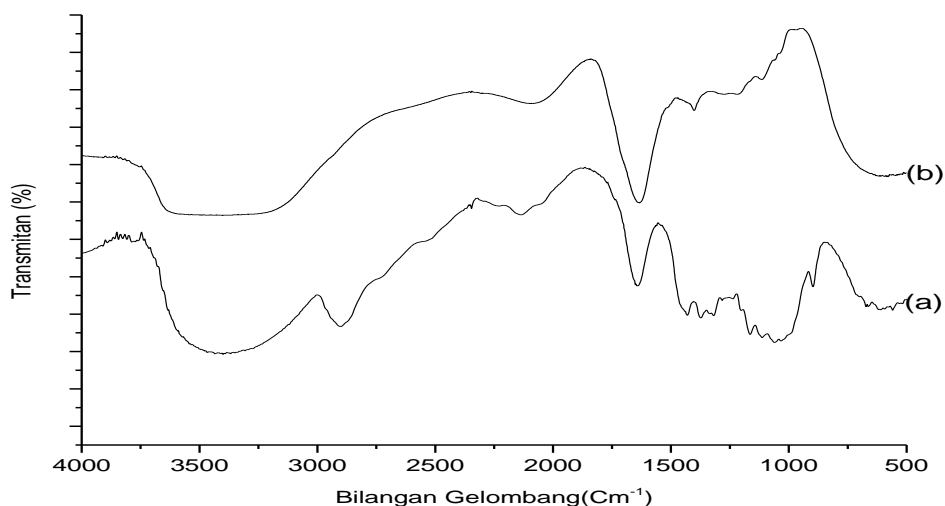
Tabel 2 Hasil perhitungan model isoterm adsorpsi ion logam Cu (II)

Isoterm	Konstanta	Harga
Freundlich	Kf	5,487822
	n	2.243662
	R ²	0,9287
Langmuir	Qm	5,524862
	K _L	0,054111
	R ²	0,6748
	R _L	0,003382

Berdasarkan gambar 8. dan gambar 9. menunjukkan nilai R^2 isoterm Freundlich adsorpsi ion logam Cu (II) didapatkan nilai $R^2 = 0,9287$, sedangkan isoterm Langmuir nilai $R^2 = 0.6748$. Hal ini mengasumsikan bahwa model isoterm adsorpsi ion logam Cu (II) mengikuti persamaan isoterm Freundlich yang dapat dilihat dari nilai R^2 yang mendekati 1 dimana sisi aktif yang terdapat pada permukaan adsorben bersifat heterogen dan terdapat lebih dari satu lapisan (multilayer). Pada tabel 2 menunjukkan kemampuan adsorpsi dari adsorben nanokristal selulosa ampas tebu dalam mengadsorpsi ion logam Cu (II) ditunjukkan oleh nilai K_f yaitu 5.487822 dengan nilai $1/n$ yaitu 0,4457. Hal ini menandakan kuatnya kemampuan adsorben nanokristal selulosa untuk mengadsorpsi ion logam Cu (II).

Karakterisasi Nanokristal Selulosa setelah Adsorpsi

Interaksi antara nanokristal selulosa dengan ion logam Cu (II) dapat dilihat melalui perubahan spektrum IR. Penurunan intensitas spektrum IR pada adsorben nanokristal selulosa setelah adsorpsi menunjukkan telah terjadi ikatan antara logam Cu dengan gugus-gugus aktif pada adsorben nanokristal selulosa. Spektrum IR sebelum adsorpsi ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan spektrum (a) selulosa sebelum adsorpsi, (b) selulosa setelah adsorpsi

Tabel 3. Perbandingan bilangan gelombang nanokristal selulosa sebelum adsorpsi dan sesudah adsorpsi

Sampel	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)					
	O-H	C-H	C=O	C-O-C	C-O	Cu-O
Sebelum adsorpsi	3400,44	2903,43	1639,54	1429,94	1318,87	-
Sesudah adsorpsi	3415,5	-	1634,5	1402,58	-	583,71

Berdasarkan Gambar 10 dan Tabel 3 memperlihatkan adanya pergeseran pada puncak gugus O-H, gugus C-H dan gugus C=O yang terdapat dalam adsorben sesudah adsorpsi dan sebelum adsorpsi. Hal ini menandakan kemungkinan karena telah terjadinya pengikatan Cu pada gugus-gugus adsorben. Pergeseran bilangan gelombang terjadi pada beberapa puncak setelah adsorpsi, hal ini dikarenakan terjadinya interaksi antara gugus-gugus adsorben nanokristal selulosa dengan komponen adsorbat ion logam Cu (II) (Liang dkk, 2010). Selain itu pergeseran bilangan gelombang juga terjadi pada bilangan gelombang 583,71 cm⁻¹ juga mendukung yang menunjukkan adanya serapan Cu-O (Nurmala dkk., 2015).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut

- 1 Hasil karakterisasi nanokristal selulosa menggunakan FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi O-H (3400,44 cm⁻¹), C-H (2902,43 cm⁻¹), C-O-C (1113 cm⁻¹), C-O (1060,88cm⁻¹) dan C-H (897,37cm⁻¹) yang menunjukkan ciri khas dari selulosa, dengan ukuran sebesar 1,084 nm dan puncak tertinggi pada $2\theta = 25,263^\circ$ dan pada $2\theta = 17,634^\circ$.
- 2 Kondisi optimum adsorpsi ion logam Cu (II) pada variasi massa sebesar 0.45 g, pada variasi pH pada pH optimum 6 dan variasi konsentrasi 15 ppm, sedangkan model isoterm yaitu model isoterm Freundlich.

DAFTAR PUSTAKA

- Abiazem, C. V., Williams, A. B., Inegbenebor, A. I., Onwordi, C. O., Eromosele, C. O., & Petrik, L. F. (2019). Adsorption of Lead Ion from Aqueous Solution into Cellulose Nanocrystal from Cassava Peel. *Journal of Physics*, 1-16.
- Ashish, B., Neeti, K., & Himanshu, K. (2013). Copper Toxicity: A Comprehensive Study. *Research Journal of Recent Sciences*, 2, 58-67.
- Ayu, G. E., Nasution, H., Lubis, M., Harahap, H., & Al, M. T. (2020). The Production of nanocrystalline Cellulose from Oil Palm Fruit Fiber Using Chemical Treatment. *AIP Conference Proceedings*, 2267(1), 1-6.
- Barakat, M. A. (2011). New Trends In Removing Heavy Metals From Industrial Wastewater. *Arabian Journal Of Chemistry*, 4(4), 361-377.
- Bhat, A. H., Dasan, Y. K., Khan, I., Soleman, H., & Usmani, A. (2017). Application of Nanocrystalline Cellulose: Processing and Biomedical Application. *Cellulose-Reinforced Nanofibre Composites*, 216-240.
- Effendi, F., Elvia, R., & Amir, H. (2018). Preparasi dan Karakterisasi Mikrokristalin Selulosa (MCC) Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*, 2(1), 52-57.
- Fajriutami, T., Fatriasari, W., & Hermiati, E. (2016). Pengaruh Pra Perlakuan Basa Pada Ampas Tebu Terhadap Karakterisasi dan produksi Gula Pereduksi. *Jurnal Riset Industri*, 10(3), 147-161.
- Kusumawardani, R., Zaharah, T. A., & Destiarti, L. (2018). Adsorpsi Kadmium (II) Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat. *Jurnal Kimia khatulistiwa*, 7(3), 75-83.
- Liang, S., Guo, X., Feng, N., & Tian, Q. (2010). Isotherms, Kinetics and Thermodynamic Studies of Adsorption of Cu^{2+} from Aqueous Solution by $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+}$ Type Orange Peel Adsorbent. *Journal of Hazardous Materials*, 174, 756-762.
- Mandal, A., & Chakrabarty, D. (2014). Studies on The Mechanical, Thermal, Morphological and Barrier Properties of Nanocomposites Based on Poly Vinyl Alcohol and Nanocellulose from Sugarcane Bagasse. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(2), 462-473.
- Ng, L. Y., Wong, T. J., Ng, C. Y., & Amelia, C. K. (2021). A Review On Cellulose Nanocrystals Production And Characterization Methods From *Elaeis Guineensis* Empty Fruit Bunches. *Arabian Journal of Chemistry*(14), 1-25
- Nurmala, S., Hastuti, R., & Widodo, D. S. (2015). Pengaruh Penambahan Polivinil Alkohol pada Biomassa Tongkol Jagung Bulu Ayam sebagai Adsorben Campuran Ion Logam tembaga dan Kromium. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 18(1), 18-23.
- Septevani, A. A., Afandi, F. R., Sampora, Y., Devy, Y. A., Amelia, A. R., Septiyanti, M., & Burhani, D. (2020). Solely Cellulose-based Adsorbent Derived from Oil Palm Empty Fruit Bunches for Dye Removal. *Reaktor*, 2(3), 122-128.
- Tiwari, M., Singh, V. K., Grope, P. C., & Choudhary, A. K. (2012). Evaluation of Mechanical Properties of Bagasse-Glass Fiber Reinforced Composite. *Journal Mater Environ*, 3(1), 171-184.

Wulandari, W. T., Rochliadi, A., & Arcana, I. M. (2016). Nanocellulose Prepared by Acid Hydrolysis of isolated Cellulose from Sugarcane Bagasse . *Material Science and Engineering*, 1-7.