

Pengaruh Konsentrasi Karbon Disulfida (CS₂) Terhadap Kinerja Biosorben Selulosa *Xanthate* Untuk Penjerapan Logam Berat

Nita Pita Sari¹⁾ Dewi Agustina Iryani¹⁾ Dedi Teguh²⁾ Yeni Ria Wulandari²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Kimia, Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Politeknik Negeri Lampung, Lampung, Indonesia

E-mail : dewi.agustina@eng.unila.ac.id

Abstrak

Pencemaran logam berat merupakan salah satu masalah penting yang menimbulkan efek beracun. Logam berat yang terakumulasi pada tubuh manusia akan mengakibatkan berbagai resiko yang berbahaya. Mengingat bahaya yang ditimbulkan oleh logam berat, berbagai metode telah digunakan untuk menurunkan kadar logam berat. Salah satu metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu adsorpsi biosorben selulosa xanthate dari selulosa bagas tebu untuk menyerap logam berat Pb²⁺ dan Cu²⁺. Pembuatan biosorben dilakukan melalui proses khantasi dengan memvariasikan konsentrasi Karbon Disulfida (CS₂) yaitu 120%, 140%, dan 160% (b/b) dari jumlah bahan baku. Produk dari reaksi khantasi selanjutnya dianalisa Derajat Substitusi (DS) dan Derajat Polimerisasi (DP) pada range 0,36–0,39 dan 301–308. Selain Uji Derajat Substitusi (DS) dan Derajat Polimerisasi (DP), karakter dari selulosa xanthate juga dilakukan analisa menggunakan SEM dan FTIR. Karakterisasi tersebut ditujukan untuk mengetahui morfologi permukaan dan perubahan gugus fungsi selulosa xanthate pada berbagai variasi konsentrasi karbon disulfida (CS₂). Hasil pengujian menunjukkan bahwa karbon disulfida (CS₂) tersubstitusi ke dalam gugus OH pada selulosa bagas tebu, sehingga selulosa xanthate mampu mengadsorpsi logam berat Pb²⁺ dan Cu²⁺ dengan kapasitas adsorpsi masing-masing 50,7 mg/g dan 47 mg/g pada konsentrasi Karbon Disulfida (CS₂) 120%.

Kata Kunci: Adsorpsi, Bagas Tebu, Cu, Logam Berat, Pb, Selulosa Xhantate

Abstract

Heavy metal contamination is one of the important problems that cause toxic effects. Heavy metals that accumulate in the human body will result in various dangerous risks. Considering the danger posed by heavy metals, various methods have been used to reduce heavy metal levels. One of the methods used in this research was adsorption of xanthate cellulose biosorbents from sugarcane bagasse cellulose to adsorb the heavy metal Pb²⁺ and Cu²⁺. The biosorbent is made through a xhantation process by varying the concentration of Carbon Disulfide (CS₂) are 120%, 140%, and 160% (w/w) of the total raw material. The product from the xhantation reaction was then analyzed for the Degree of Substitution (DS) and the Degree of Polymerization (DP) in the range 0,36–0,39 and 301–308. In addition to the Degree of Substitution (DS) and Degree of Polymerization (DP) tests, the character of cellulose xhantate was also analyzed using SEM and FTIR. The characterization is intended to determine the surface morphology and functional group changes of cellulose xhantate at various concentrations of carbon disulfide (CS₂). The results of the analysis show that carbon disulfide (CS₂) is substituted into the OH group in sugarcane bagasse cellulose, so that cellulose xhantate is able to adsorb the heavy metal Pb²⁺ and Cu²⁺ with adsorption capacities of 50,7 mg/g and 47 mg/g at a concentration of carbon disulfide (CS₂) 120%.

Keywords: Adsorption, Cellulose Xhantate, Cu, Heavy Metal, Pb, Sugarcane Bagasse.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat merupakan salah satu masalah penting yang menimbulkan efek beracun. Logam berat yang terakumulasi pada tubuh manusia akan mengakibatkan berbagai resiko yang berbahaya. Contohnya keracunan logam berat kadmium dapat menyebabkan tekanan darah tinggi dan kerusakan sel-sel darah. Logam Ni juga dapat mengakibatkan mutasi genetik jika jumlahnya melebihi ambang batas (Pratiwi, 2020). Selain itu keracunan merkuri dapat menyebabkan kematian seperti yang terjadi di Minamata. Menurut *US Agency for Toxic Substances and Disease*, berdasarkan toksisitasnya logam timbal (Pb) menempati urutan pertama, keracunan timbal (Pb) dapat menyebabkan hipertensi dan salah satu faktor penyebab penyakit hati, mengganggu saluran metabolik dalam tubuh, sintesis darah, hipertensi, hiperaktivitas, kerusakan otak, dan beberapa kasus dapat menyebabkan kematian (Iriana et al., 2018).

Mengingat bahaya yang ditimbulkan oleh logam berat, berbagai metode telah digunakan untuk menurunkan kadar logam berat. Metode yang sering digunakan antara lain presipitasi kimia (Hanastasia et al., 2020), oksidasi kimia (Ratnawati et al., 2019), elektrolisis (Kiswanto et al., 2021), teknologi membran (Abdullah et al., 2019) dan adsorpsi (Iryani et al., 2017). Dari berbagai metode, adsorpsi paling umum digunakan karena biaya operasi yang murah, ramah lingkungan, proses pembuatannya mudah (Zheng & Meng, 2016).

Banyak material adsorben yang sering digunakan seperti silica, zeolit, karbon aktif, dan modifikasi biomassa dari limbah agroindustri. Beberapa penelitian limbah agroindustri yang digunakan sebagai material adsorben antara lain kulit jeruk, eceng gondok (Khokhar et al., 2015), batang jagung (Zheng & Meng, 2016), kulit apel (Chand et al., 2014), kulit pisang, serbuk gergaji (Xia et al., 2014), dan bagas tebu (Iryani et al., 2013).

Bagas tebu merupakan limbah dari proses pengolahan gula yang jumlahnya berlimpah terutama di provinsi Lampung. Total produksi tebu di Lampung mencapai 764,746 ton per tahun. Setiap ton produksi tebu menghasilkan 280 kg bagas tebu. Bagas tebu mengandung selulosa (46%), hemiselulosa (24,5%), lignin (19,95%), lemak (3,5%), abu (2,4%), silika (2%) dan material lainnya (1,7%)

(Iryani et al., 2013). Selain itu, bagas tebu mempunyai nilai kalori sekitar 8000 Kj/kg dengan kandungan air sebesar 50% dan abu 4–5% (Pratama et al., 2015). Selama ini bagas tebu digunakan sebagai bahan bakar boiler di industri gula untuk memproduksi *steam* dan pembangkit listrik. Telah dilakukan penelitian pembuatan senyawa *xanthate* dari bagas tebu (Iryani et al., 2017) yang dapat mengadsorpsi logam berat. Namun, karbon disulfida (CS_2) yang digunakan masih cukup tinggi dan derajat substitusi (perbandingan antara gugus *xanthate* tiap unit glukosa) yang diperoleh justru menurun. Hasil penelitian oleh Iryani et al. (2017) menunjukkan konsentrasi karbon disulfida (CS_2) diatas 160% menurunkan derajat substitusi. Selain itu, suhu proses xanthasi juga berpengaruh terhadap kapasitas adsorpsi logam berat. Ketika dilakukan proses xanthasi pada *range* suhu 35–45°C, diperoleh kapasitas adsorpsi tertinggi pada suhu 35°C sebesar 51,763 terhadap logam Pb^{2+} (Iryani et al., 2019). Sehingga akan dilakukan penelitian menggunakan bagas tebu sebagai bahan baku senyawa *xanthate* dengan variasi konsentrasi karbon disulfida (CS_2) sebesar 120–160% dari berat sampel pada suhu xanthasi 35°C untuk memperoleh senyawa *xanthate* yang optimal.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Oven (Yamato DV-600), *magnetic stirrer* (Corning PC-620D), timbangan digital (Yamata), kertas saring, pH meter (ATC), erlenmeyer, pipet volume, gelas ukur, gelas beaker, crussibel porcelain, corong, viskometer (Normalab), Orbital Shaker (ES-220/60), Spectrometer UV Vis (Cony 100), dan alat untuk karakterisasi material antara lain metode SEM (Zeiss EVO MA10), FTIR (8201PC Shimadzu), serta alat analisis logam berat menggunakan MP-AES (Agilent 4100).

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bagas tebu dari PT. Gula Putih Mataram (komposisi: selulosa 43,4%, hemiselulosa 21,7% lignin 20,3%, ash 5,3%, dan lain-lain 9,3%), NaOH 18% (Merck) karbon disulfida (CS_2) 16,67 M (Merck), aquades, Etanol (Merck), HNO_3 20% (Merck), HNO_3 0,1 M (Merck), H_2SO_4 72% (Merck), $BaCl_2$ 10% (Merck), $Pb(NO_3)_2$ (Merck) dan $Cu(NO_3)_2$ (Merck).

2.2. Persiapan Bahan Baku Senyawa Xanthat

Purifikasi ampas tebu yaitu dengan mencuci 150 g ampas tebu lalu dikeringkan di oven pada suhu 105°C. Isolasi selulosa bagas tebu dilakukan dengan merendam 150 g bagas tebu dalam larutan NaOH 0,25 M selama 18 jam dan dilanjutkan mereflux dengan larutan Etanol-HNO₃ 20% (v/v) selama 3 jam kemudian dicuci sampai netral dan dikeringkan (Iryani et al., 2019).

2.3. Xhantasi Senyawa Xhantat

Bagas tebu dicuci dan dikeringkan pada sinar matahari, kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C hingga berat konstan. Selanjutnya sebanyak 150 gr bagas tebu direndam dalam 750 mL larutan NaOH 0,25 M selama 18 jam pada suhu kamar dan dilanjutkan perendaman dalam 750 mL larutan HNO₃ 20% (v/v) selama 3 jam pada suhu kamar. Proses alkalisasi selulosa dilakukan dengan merendam 15 gr selulosa hasil isolasi dalam larutan 100 mL NaOH 18% selama 3 jam pada suhu ruang. Dari proses alkalisasi akan diperoleh alkali selulosa, kemudian dilakukan proses xanthasi dengan menambahkan karbon disulfida (CS₂) ke dalam larutan sebanyak 120%, 140%, dan 160% (b/b) dari berat selulosa yang digunakan. Proses xanthasi dilakukan pada suhu 35°C selama 60 menit, dan selama proses xanthasi tersebut dilakukan pengadukan. Setelah proses xanthasi dilakukan pengendapan sampai padatan mengendap. Kemudian endapan selulosa *xanthate* dipisahkan dari larutannya, selanjutnya endapan dicuci menggunakan aquades hingga netral. Padatan yang telah dicuci kemudian dikeringkan di dalam oven. Biosorben selulosa *xanthate* siap untuk dikarakterisasi dan dilakukan uji adsorpsi logam untuk mengetahui kapasitas adsorpsinya terhadap logam berat bervalensi dua (Pb²⁺ dan Cu²⁺).

2.4. Penentuan Derajat Substitusi (DS)

Penentuan DS dapat dilakukan dengan menghitung rasio sulfur terhadap selulosa ($\frac{\% \text{ Sulfur}}{\% \text{ Selulosa}}$). Penentuan kadar sulfur dilakukan dengan metode gravimetri (SNI 06-6989.20-2009), dan kadar selulosa dihitung dengan menggunakan metode gravimetri. Kemudian, DS dapat dihitung dengan membagi rasio sulfur/glukosa dengan faktor 0,395 yang menyatakan bahwa terdapat 1 gugus *xanthate* per unit selulosa didalam selulosa *xanthate*.

2.5. Penentuan Derajat Polimerisasi (DP)

DP dihitung berdasarkan rasio antara berat molekul selulosa xanthat dengan berat molekul unit strukturnya:

$$DP = \frac{\text{BM selulosa xanthate}}{\text{BM unit struktur}} \quad (1)$$

Keterangan:

DP : derajat polimerisasi

BM : berat molekul

Berat molekul selulosa *xanthate* dapat ditentukan dengan metode viskositas menggunakan Viscometer Ostwald.

2.6. Uji Adsorpsi Logam

Pada penelitian ini, uji adsorpsi logam dilakukan dengan menggunakan adsorben senyawa *xanthate* sebanyak 0,1 gr/100 ml larutan logam (Pb^{2+} dan Cu^{2+}) dengan konsentrasi larutan logam sebesar 100 mg logam/L. Uji adsorpsi logam dilakukan pada suhu 30°C dengan rentang pH 2 – 6,5 selama 120 menit dengan menggunakan Orbital Shaker dengan kecepatan 120 rpm. Residu larutan logam lalu dianalisa menggunakan *Microwave Plasma-Atomic Emission Spectrometer* (MP-AES).

2.7. Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = \frac{V(C_o - C_a)}{m} \quad (2)$$

Dimana :

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

V = Volume larutan (L)

C_o = Konsentrasi awal larutan (mg/L)

C_a = Konsentrasi akhir larutan (mg/L)

m = Massa adsorben (gr)

2.8. Persentase Desorpsi

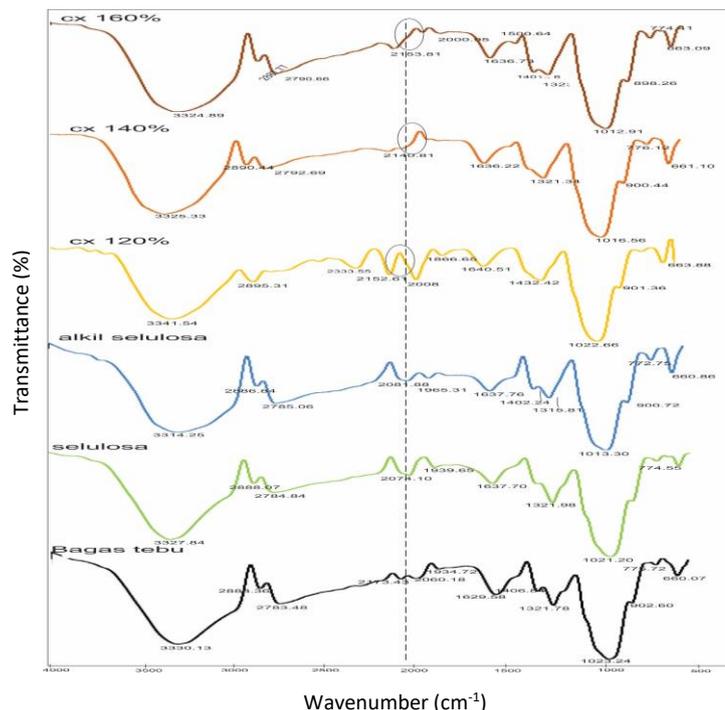
Persentase desorpsi dapat dihitung dengan persamaan:

$$\% \text{Desorpsi} = \frac{\text{Jumlah ion terdesorpsi}}{\text{Jumlah ion teradsorpsi}} \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gugus Fungsi

Untuk mengetahui perubahan gugus fungsi pada sampel, karakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan pada tiap tahap pembuatan selulosa *xanthate* yaitu mulai dari *raw material* (bagas tebu), selulosa hasil isolasi, selulosa hasil alkalisasi, dan selulosa *xanthate* hasil xanthasi. Hasil karakterisasi FTIR dapat dilihat pada Gambar 1.



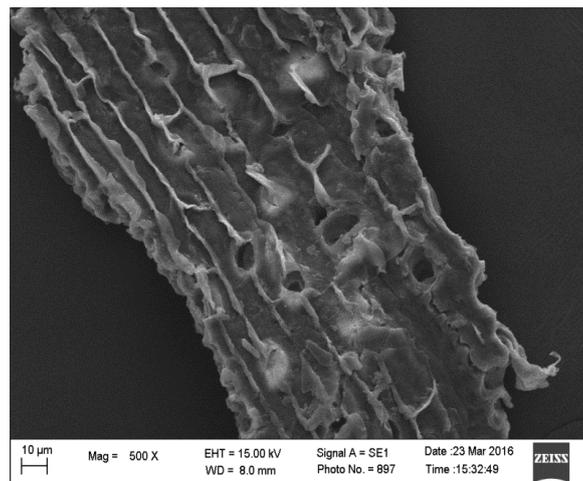
Gambar 1. FTIR Selulosa *Xanthate* pada Berbagai Konsentrasi CS₂

Secara umum, pada puncak *wavenumber* berkisar 3450 cm⁻¹ menunjukkan keberadaan gugus hidroksil (O-H), pada puncak 2910 cm⁻¹ menunjukkan keberadaan gugus C-H, pada puncak 1650 cm⁻¹ menunjukkan gugus C=C, sedangkan gugus C-O ditunjukkan pada puncak *wavenumber* berkisar 1070 cm⁻¹. Puncak gelombang 3330 cm⁻¹ pada *raw material* (bagas tebu) terlihat bergeser menjadi 3327 cm⁻¹ pada selulosa hasil isolasi, hal ini mengindikasikan bahwa sebagian gugus hidroksil dalam bagas tebu telah terdegradasi oleh asam akibat proses isolasi. Selanjutnya, pada selulosa hasil alkalisasi terlihat puncak gelombang bergeser menjadi 3314 cm⁻¹ akibat tersubstitusi oleh Na. Pada selulosa hasil alkalisasi terdapat puncak gelombang baru yaitu 1402 cm⁻¹ yang menunjukkan

keberadaan Na. Kemudian pada selulosa hasil xantasi bergeser menjadi 3341 cm^{-1} , 3325 cm^{-1} dan 3325 cm^{-1} hal ini menjelaskan bahwa sebagian gugus hidroksil kembali tersubstitusi oleh CS_2 . Tersubstitusinya gugus hidroksil oleh CS_2 ditunjukkan dengan munculnya puncak gelombang baru pada selulosa xanthate yaitu berkisar pada 2152 cm^{-1} , 2150 cm^{-1} , dan 2153 cm^{-1} yang menunjukkan keberadaan gugus $-\text{N}=\text{C}=\text{S}$.

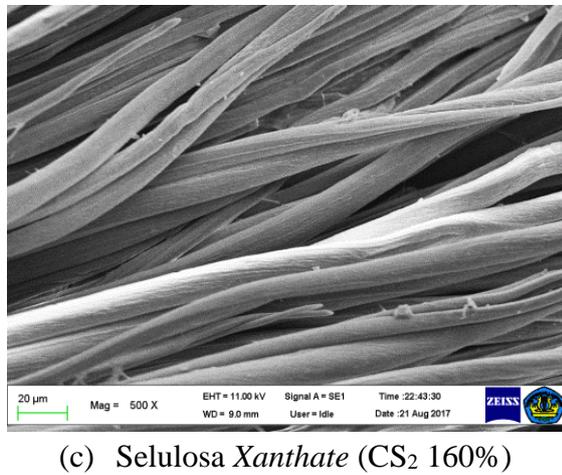
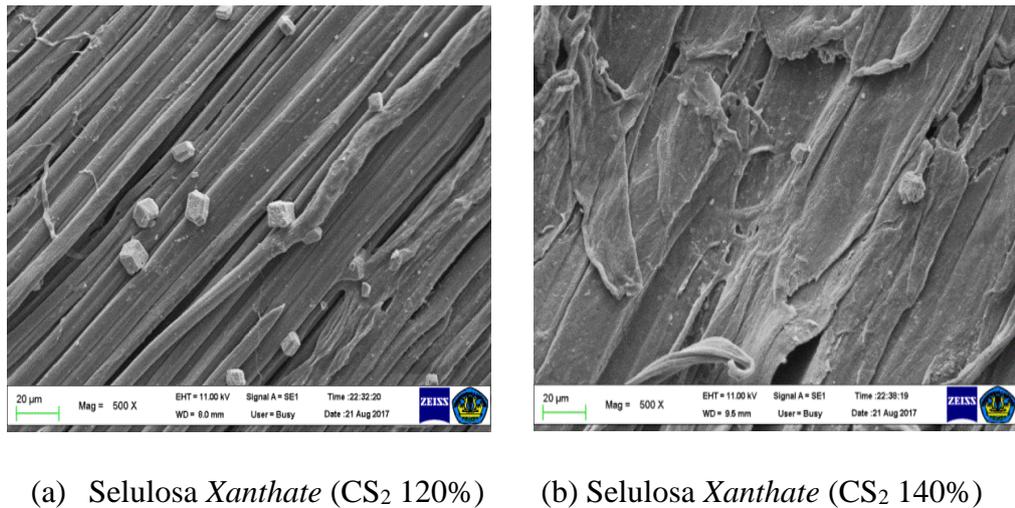
3.2. Struktur Morfologi

Perubahan struktur permukaan selulosa *xanthate* dapat ditunjukkan dari hasil gambar menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Karakterisasi menggunakan SEM pada selulosa *xanthate* dilakukan dengan perbesaran 500X, pengamatan morfologi permukaan dilakukan pada selulosa hasil isolasi bagas tebu (sebelum xantasi) dan senyawa *xanthate* yang merupakan produk dari proses xantasi.



Gambar 2. Morfologi Permukaan Selulosa Hasil Isolasi Bagas Tebu Perbesaran 500X

Morfologi permukaan selulosa hasil isolasi dari bagas tebu terlihat pada Gambar 2. Permukaan selulosa bagas tebu cenderung masih rapat hal ini menunjukkan ikatan antar molekulnya masih kuat. Berbeda dengan hasil proses modifikasi oleh NaOH dan karbon disulfida yang terlihat pada Gambar 3.



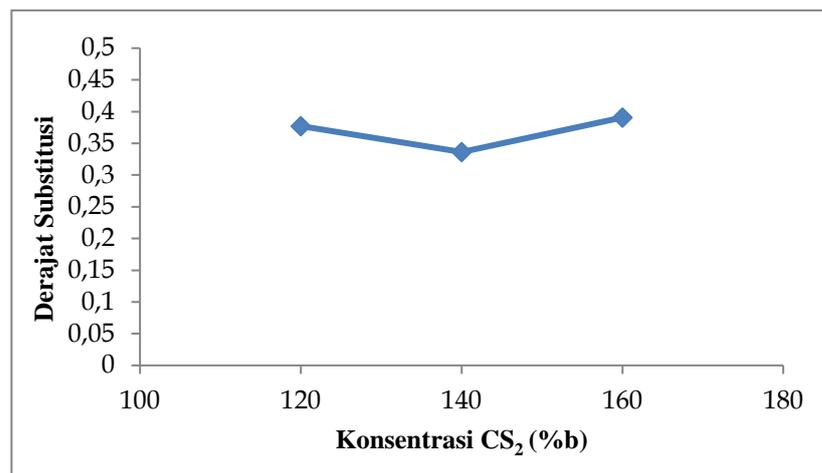
Gambar 3. Morfologi Permukaan *Selulosa Xanthate*

Pada Gambar 3 menunjukkan permukaan selulosa *xanthate* dengan variasi konsentrasi 120% (b/b). Pada gambar tersebut terlihat bahwa struktur permukaannya terlihat merenggang akibat proses alkalisasi dan xantasi. Tahap alkalisasi menyebabkan serat terlepas dari matriks atau fibril sehingga struktur selulosa menjadi lebih halus dan mengembang dengan struktur selulosa yang demikian maka CS_2 yang ditambahkan pada tahap xantasi akan mudah masuk dan berikatan dengan selulosa untuk membentuk produk selulosa *xanthate*. Dari Gambar 3 a - c terlihat bahwa ada perbedaan struktur permukaan dari masing-masing senyawa selulosa *xanthate*. Selulosa *xanthate* dengan variasi konsentrasi CS_2 120% dan CS_2 160% terlihat struktur permukaannya lebih mengembang dan serat fibrilnya terlepas dari ikatannya. Namun pada senyawa selulosa *xanthate*

dengan variasi konsentrasi CS₂ 140% struktur permukaannya tidak terlalu mengembang dan serat fibrilnya belum banyak terlepas dari ikatannya

3.3. Hasil Derajat Substitusi dan Derajat Polimerasi

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh nilai derajat substitusi (DS) dari senyawa *xanthate* untuk masing-masing variasi konsentrasi CS₂. Derajat substitusi dapat ditentukan dengan mengetahui kadar selulosa dan kadar sulfur dalam senyawa *xanthate*. Penentuan kadar selulosa dan sulfur diterapkan pada senyawa selulosa *xanthate*. Derajat substitusi senyawa *xanthate* dapat diperoleh dengan membagi nilai rasio kadar sulfur terhadap kadar selulosa dengan 0,395. Nilai derajat substitusi selulosa *xanthate* untuk masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.



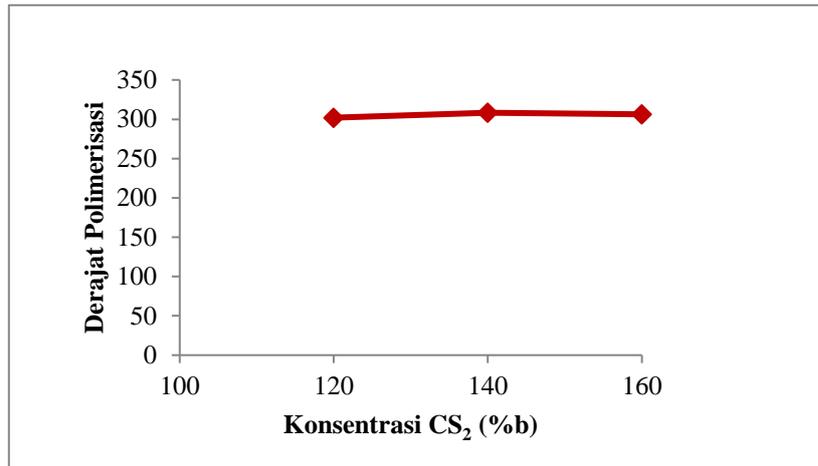
Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi CS₂ Terhadap Derajat Substitusi Selulosa *Xanthate*

Dari data hasil penelitian, terlihat bahwa nilai derajat substitusi (DS) pada selulosa *xanthate* berbanding lurus terhadap jumlah konsentrasi karbon disulfida (CS₂) yang ditambahkan pada proses xanthasi, dimana semakin besar konsentrasi CS₂, maka nilai derajat substitusi pada selulosa *xanthate* yang diperoleh tidak terlalu signifikan. Untuk selulosa *xanthate* dari bagas tebu, nilai DS yang diperoleh dengan memvariasikan konsentrasi CS₂ sebesar 120%, 140% dan 160% (b/b) masing-masing adalah 0,36, 0,33, dan 0,39. Derajat substitusi yang cenderung semakin besar menunjukkan bahwa jumlah CS₂ yang berkontak/bereaksi dengan selulosa

menjadi lebih banyak, sehingga menyebabkan jumlah senyawa *xanthate* yang terbentuk pun menjadi lebih banyak. Hal ini berbeda dengan penelitian sebelumnya, dengan memvariasikan konsentrasi CS₂ sebesar 160%, 180% dan 200% (b/b) diperoleh derajat substitusi masing-masing adalah 0,809, 0,778, dan 0,756 (Iryani et al., 2017).

Dari hasil penelitian ini menunjukkan derajat substitusinya cenderung turun. Oleh karena itu, derajat substitusi suatu senyawa selulosa *xanthate* akan cenderung meningkat hingga penambahan konsentrasi CS₂ mencapai 160%. Namun, cenderung turun dengan penambahan konsentrasi CS₂ diatas 160%. Hal ini dapat terjadi jika konsentrasi CS₂ yang terlalu tinggi kecenderungan reaksi samping antara CS₂ dengan NaOH menjadi lebih besar. Dengan adanya reaksi samping ini, menyebabkan jumlah CS₂ yang berkontak/bereaksi dengan selulosa menjadi lebih sedikit, sehingga menyebabkan jumlah senyawa *xanthate* yang terbentuk pun menjadi lebih kecil.

Sedangkan untuk nilai derajat polimerisasi dapat diperoleh dengan membandingkan antara berat molekul senyawa *xanthate* dengan berat molekul unit struktur. Berat molekul senyawa *xanthate* sendiri dapat ditentukan dengan pengukuran viskositas larutan pada pelarutnya dengan cara menetapkan lamanya aliran sejumlah volume larutan melalui kapiler yang panjangnya tetap. Lama waktu alir larutan senyawa *xanthate* dibandingkan dengan lama waktu alir pelarutnya kemudian dikalikan dengan viskositas dinamik dari pelarut. Pengaruh konsentrasi CS₂ terhadap derajat polimerisasi selulosa *xanthate* dapat dilihat pada Gambar 5.

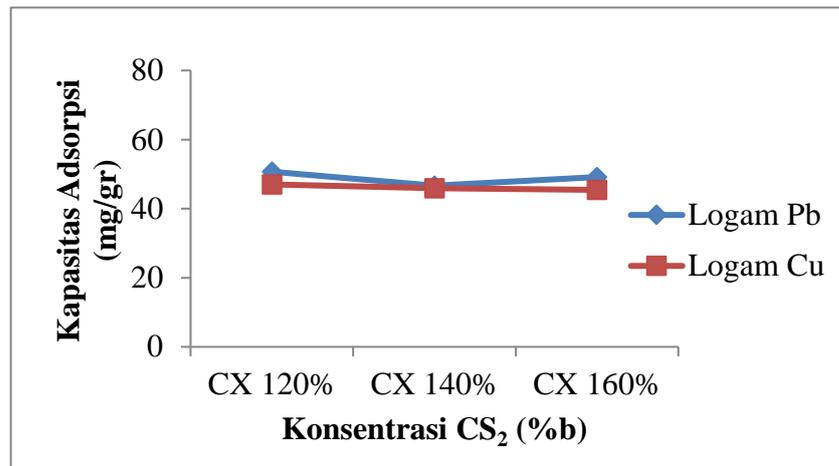


Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi CS₂ Terhadap Derajat Polimerisasi Selulosa *Xanthate*

Selain itu, hal ini dapat dilihat dari nilai derajat polimerisasi dari selulosa *xanthate* yang cenderung semakin besar oleh penambahan konsentrasi CS₂ yang semakin besar juga. Derajat polimerisasi adalah jumlah unit berulang di dalam senyawa polimer. Berdasarkan Gambar 5, sampel dengan variasi konsentrasi CS₂ sebesar 140% memiliki nilai derajat polimerisasi yang paling tinggi yaitu 308,24. Nilai derajat polimerisasi (DP) berbanding lurus terhadap nilai derajat substitusinya. Nilai derajat substitusi yang tinggi menunjukkan jumlah gugus *xanthate* yang tinggi pada selulosa *xanthate*, sehingga semakin tinggi nilai derajat substitusi (DS) maka akan semakin tinggi nilai derajat polimerisasi (DP) pada suatu polimer.

3.4. Kapasitas Adsorpsi

Dilakukan uji adsorpsi logam berat pada adsorben selulosa *xanthate* dari bagas tebu untuk mengetahui kemampuannya dalam menangkap logam berat khususnya logam valensi dua. Uji adsorpsi logam dilakukan secara *batch* menggunakan *orbital shaker* 120 rpm selama 2 jam dengan konsentrasi 100 mg logam/L dan logam yang digunakan adalah logam tembaga (Cu²⁺), dan timbal (Pb²⁺) Sedangkan jumlah adsorben yang digunakan adalah sebanyak 0,1 gr/100 ml larutan. Kemudian setelah proses adsorpsi dilakukan, larutan dianalisis dengan menggunakan *Microwave Plasma-Atomic Emission Spectrometer* Agilent 4100 untuk mengetahui kandungan akhir logam berat. Setelah dilakukan pengolahan data, diperoleh nilai kapasitas adsorpsi logam dari adsorben selulosa *xanthate* yang dapat dilihat pada Gambar 6.



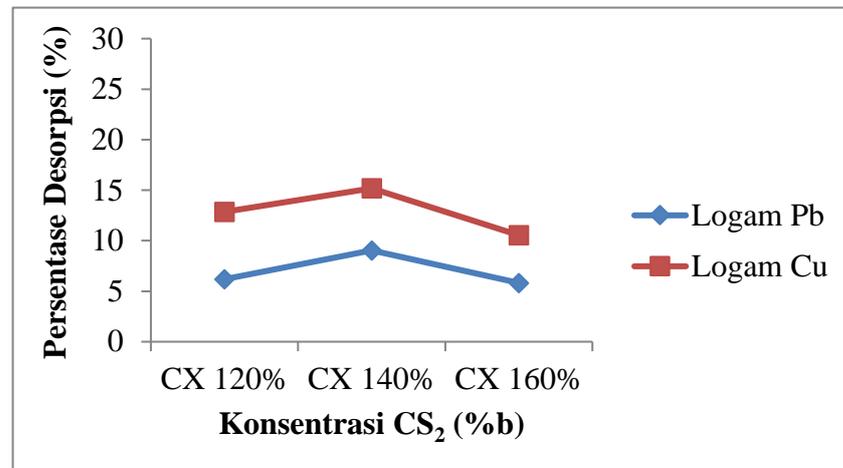
Gambar 6. Pengaruh Kapasitas Adsorpsi Selulosa Xanthate pada Berbagai Konsentrasi CS₂ terhadap Penjerapan Logam Berat

Hasil analisis larutan logam berat menggunakan *Microwave Plasma-Atomic Emission Spectrometer* (MP-AES) menunjukkan bahwa adsorben selulosa xanthate yang mempunyai kapasitas adsorpsi paling besar dalam menangkap logam adalah senyawa xanthate dengan bahan baku selulosa bagas tebu variasi konsentrasi CS₂ 120%, yaitu memiliki kapasitas adsorpsi logam sebesar 50,70 mg logam/g untuk logam Pb²⁺. Sedangkan 47,02 logam/g untuk logam Cu²⁺ pada variasi konsentrasi CS₂ 120%. Dari hasil data penelitian menunjukkan bahwa modifikasi pada bahan baku bagas tebu mempengaruhi kapasitas adsorpsi logam berat. Setelah dilakukan proses modifikasi yaitu mereaksikan selulosa bagas tebu dengan karbon disulfida (CS₂) diperoleh kapasitas adsorpsi yang semakin besar yaitu antara 40–60 mg/g untuk logam Pb²⁺ dan Cu²⁺.

3.5. Persentase Desorpsi

Dilakukan uji desorpsi logam berat pada adsorben selulosa *xanthate* setelah proses adsorpsi untuk mengetahui logam berat yang dapat di *recovery* kembali. Uji desorpsi logam dilakukan pada logam yang terabsorb oleh senyawa *xanthate* dengan 100 ml .1 M HNO₃ selama 60 menit pada suhu ruangan. Kemudian setelah proses desorpsi, larutan dianalisis dengan menggunakan *Microwave Plasma-Atomic Emission Spectrometer* (MP-AES) untuk mengetahui kandungan akhir logam berat.

Setelah dilakukan pengolahan data, diperoleh nilai persentase desorpsi logam dari adsorben selulosa *xanthate* yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Persentase Desorpsi Logam Berat Pada Berbagai Konsentrasi CS₂

Dari gambar 7 menunjukkan bahwa logam berat yang terjerap dan adsorben dapat di *recovery* kembali dengan persentase 5–15% dari logam berat yang teradsorpsi. Logam Pb yang dapat terdesorpsi pada masing-masing konsentrasi CS₂ 120%, 140%, dan 160% yaitu sebesar 6,19%, 9,04%, dan 5,82%. Logam Cu yang dapat terdesorpsi pada masing-masing konsentrasi CS₂ 120%, 140%, dan 160% yaitu sebesar 12,87%, 15,18%, dan 10,54%. Logam Cu mudah terdesorpsi kembali dibandingkan logam Pb, hal ini dikarenakan perbedaan kelarutan antara logam Cu dan Pb, dimana logam Cu mudah larut dalam larutan pendesorpsi (HNO₃) sehingga logam Cu mudah terdesorpsi kembali.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, selulosa *xanthate* dari bagas tebu yang dibuat dengan konsentrasi CS₂ 160% (b/b) memiliki nilai derajat substitusi (DS) tertinggi sebesar 0,39 dan derajat polimerisasi sebesar 306,28. Nilai derajat substitusi (DS) dan Derajat Polimerisasi (DP) selulosa *xanthate* berbanding lurus terhadap jumlah karbon disulfida (CS₂) yang ditambahkan saat proses xanthasi. Namun, berbanding terbalik dengan kapasitas adsorpsi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah konsentrasi karbon disulfida (CS₂) diatas 120% tidak mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Selulosa *xanthate* dari bagas tebu yang dibuat dengan konsentrasi CS₂ 120% (b/b) memiliki kapasitas adsorpsi logam paling baik, yaitu

50,7 mg/g untuk logam Pb^{2+} dan 47,02 mg/g untuk logam Cu^{2+} . Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR, terdapat beberapa puncak gelombang baru pada selulosa xanthate, yaitu berkisar pada 2152 cm^{-1} , 2150 cm^{-1} , dan 2153 cm^{-1} yang menunjukkan keberadaan gugus $-N=C=S$. Hal ini menjelaskan bahwa gugus hidroksil dalam bagas tebu berhasil tersubstitusi oleh karbon disulfida (CS_2) selama proses xanthasi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Lampung atas bantuan dana hiba penelitian BLU Tahun 2017 dan kepada LTSIT Unila atas bantuannya dalam menganalisis sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N., Yusof, N., Lau, W. J., Jaafar, J., & Ismail, A. F. (2019). Recent trends of heavy metal removal from water/wastewater by membrane technologies. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 76, 17–38. <https://doi.org/10.1016/J.JIEC.2019.03.029>
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). SNI 06-6989.20-2009 Cara uji sulfat dengan metode turbidimetri.
- Chand, P., Shil, A. K., Sharma, M., & Pakade, Y. B. (2014). Improved adsorption of cadmium ions from aqueous solution using chemically modified apple pomace: Mechanism, kinetics, and thermodynamics. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 90, 8–16. <https://doi.org/10.1016/J.IBIOD.2013.10.028>
- Hanastasia, R. L., Setiawan, A., & Ramadani, T. A. (2020). Pengolahan limbah cair logam berat Pb (II) menggunakan kombinasi metode elektrokoagulasi-adsorpsi dengan karbon aktif biji alpukat. *Jurnal Presipitasi*, 17(2), 96–103.
- Iriana, D., Sedjati, S., & Yulianto, B. (2018). Kemampuan adsorpsi kitosan dari cangkang udang terhadap logam timbal. *Journal of Marine Research*, 7(4), 303–309.

- Iryani, D. A., Kumagai, S., Nonaka, M., Nagashima, Y., Sasaki, K., & Hirajima, T. (2013). The hot compressed water treatment of solid waste material from the sugar industry for valuable chemical production. *International Journal of Green Energy*, 11(6), 577–588.
<https://doi.org/10.1080/15435075.2013.777909>
- Iryani, D. A., Risthy, N. M., Br. Ginting, S., & Darmansyah. (2019). Efek temperatur reaksi xanthasi terhadap kinerja adsorben selulosa xanthat berbasis bagas tebu untuk penjerapan logam berat. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 14(1), 81–88. <https://doi.org/10.23955/rkl.v14i1.12520>
- Iryani, D. A., Risthy, N. M., Resagian, D. A., Yuwono, S. D., & Hasanudin, U. (2017). Preparation and evaluation adsorption capacity of cellulose xanthate of sugarcane bagasse for removal heavy metal ion from aqueous solutions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 65(1), 012039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/65/1/012039>
- Khokhar, A., Siddique, Z., & Misbah. (2015). Removal of heavy metal ions by chemically treated *Melia azedarach* L. leaves. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(2), 944–952.
<https://doi.org/10.1016/J.JECE.2015.03.009>
- Kiswanto, Wintah, Fatimatuzzahroh, F., & Rahayu, N. L. (2021). Reduction of color and heavy metals (Pb, Cu) in hand-drawn batik liquid waste using electrolysis. In *The 3rd International Conference on Public Health*.
- Pratama, F. A., Sugiyantoro, B., & Widiastuti, A. N. (2015). Studi pemanfaatan biomassa ampas tebu sebagai bahan bakar pembangkit listrik PT. Sugar Group Companies, Lampung Tengah. Universitas Gadjah Mada.
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak pencemaran logam berat (timbal, tembaga, merkuri, kadmium, krom) terhadap organisme perairan dan kesehatan manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59–65.

- Ratnawati, N. A., Prasetya, A. T., & Rahayu, E. F. (2019). Validasi metode pengujian logam berat timbal (Pb) dengan destruksi basah menggunakan FAAS dalam sedimen sungai banjir kanal barat Semarang. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Xia, L., Hu, Y. X., & Zhang, B. H. (2014). Kinetics and equilibrium adsorption of copper(II) and nickel(II) ions from aqueous solution using sawdust xanthate modified with ethanediamine. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 24(3), 868–875. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(14\)63137-X](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(14)63137-X)
- Zheng, L., & Meng, P. (2016). Preparation, characterization of corn stalk xanthates and its feasibility for Cd (II) removal from aqueous solution. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 58, 391–400. <https://doi.org/10.1016/J.JTICE.2015.06.017>