



## Efek Temperatur Reaksi Xanthasi Terhadap Kinerja Adsorben Selulosa Xanthat berbasis Bagas Tebu Untuk Penjerapan Logam Berat

Effect of Xhantation Temperature Reaction into Performance of Cellulose Xhantate from Sugarcane baggase for Adsorption of Heavy Metal

Dewi Agustina Iryani<sup>1,2\*</sup>, Nisa Meutia Risthy<sup>1</sup>, Simparmin Br. Ginting<sup>1,2</sup>, Darmansyah<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung

<sup>2</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Biomassa Tropika Universitas Lampung  
Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro 1 Bandar Lampung 35145

\*Email : dewi.agustina@eng.unila.ac.id

Terima draft: 11 Desember 2018; Terima draft revisi: 26 Juni 2019; Disetujui: 27 Juni 2019

### Abstrak

Adsorben berbasis biomassa efektif dipergunakan sebagai penjerap untuk pengurangan pencemaran limbah logam berat. Limbah bagas tebu menawarkan keunggulan sebagai bahan baku pembuatan penjerap karena mempunyai afinitas tinggi dalam penjerapan logam berat. Peningkatan adsorpsi ionnya dilakukan dengan konversi bagas tebu menjadi selulosa xanthat melalui 3 tahap, yaitu isolasi, alkalisasi, dan xanthasi. Penelitian ini fokus pada proses xanthasi yang dijalankan dengan penambahan karbon disulfide (CS<sub>2</sub>) sebanyak 180% (b/b) terhadap berat selulosa pada kisaran suhu 35-45°C. Pengaruh suhu xanthasi terhadap nilai derajat substitusi (DS), derajat polimerisasi (DP) dan kapasitas adsorpsi ion Zn<sup>+2</sup> dan Pb<sup>+2</sup> oleh selulosa xanthat dipelajari pada penelitian ini secara kualitatif dan kuantitatif. Proses karakterisasi terhadap perubahan gugus fungsi dan sifat morfologi selulosa xanthat diamati menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sintesa selulosa xanthat pada suhu 35°C menghasilkan nilai DS dan DP tertinggi, yaitu berturut-turut sebesar 0,389 dan 299,27. Uji kinerja selulosa xanthat tersebut menunjukkan kapasitas adsorpsi ion Zn<sup>+2</sup> sebesar 48,353 mg/g dan ion Pb<sup>+2</sup> sebesar 51,763 mg/g.

Kata Kunci : Adsorben, selulosa xanthat, logam berat, bagas tebu

### Abstract

Adsorbent obtained from biomass effectively acted as a sorption agent for eliminating heavy metal. Sugarcane bagasse is able to utilize as a raw material of adsorbent due to its high affinity on heavy metal sorption. In order to increase ion capacity of the adsorbent, preparation of cellulose xhantate from sugarcane bagasse was conducted in three stages reaction, i.e: Isolation, alkalization and xhantation. This study focuses on the xhantation process which was carried out by using 180% carbon disulfide (CS<sub>2</sub>) in weight to the starting cellulose in varied temperature of 35-45°C. The effect of xhantation reaction to substitution degree, Polymerization degree and adsorption capacity of Zn<sup>+2</sup> and Pb<sup>+2</sup> ions were studied by using quantitative and qualitative analyzing method. The morphological characteristics and functional group change of cellulose xhantate in varied stages and temperatures were visualized via Scanning Electron Microscope (SEM) and FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). The results showed that cellulose xanthate synthesized at temperature of 35°C have a highest value of DS, DP, and the adsorption capacity 0.389, 299.27, 48.353 mg/g for Zn<sup>2+</sup> metal and 51.763 mg/g for the metals Pb<sup>2+</sup>, respectively.

Keywords : Adsorbent, cellulose xanthate, heavy metal, sugarcane bagasse

### 1. Pendahuluan

Pencemaran logam berat menjadi masalah penting yang terjadi di perairan Indonesia, khususnya di perairan yang berada dekat dengan kawasan industri seperti lokasi di sekitar Teluk Lampung. Beberapa industri banyak yang membuang limbahnya langsung ke perairan Teluk Lampung. Peningkatan

volume limbah industri yang semakin banyak mengalir ke perairan Teluk Lampung akan mengancam kelestarian ekosistem. Menurut Susana, dkk. (2001), aktivitas industri semen, batubara, pertambangan emas, dan industri elektroplating telah membuat peningkatan konsentrasi logam berat disekitar Teluk Lampung. Hal tersebut selanjutnya dibuktikan oleh penelitian yang

dilaksanakan oleh Budiyanto dan Lestari (2015) yang melakukan pengujian sendimen logam berat dan kualitas air pada 13 titik stasiun yang berada dikawasan Teluk Lampung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat konsentrasi logam berat seperti Cd, Cu, Pb dan Zn dengan kadar masing-masing jenis logam berat sebagai berikut 0,08 mg/kg, 22,99 mg/kg, 24,75 mg/kg, dan 118,48 mg/kg.

Logam berat yang terdapat di dalam daerah perairan mudah terserap dalam fitoplankton yang merupakan titik awal dari rantai makanan yang selanjutnya akan sampai ke organisme lainnya termasuk manusia. Polutan logam berat yang sering ditemukan adalah timbal, seng, krom, merkuri dan lain-lain. Berdasarkan penelitian, logam-logam tersebut mempunyai dampak yang buruk bagi kesehatan manusia (Sud dkk., 2008). Mengingat bahaya yang ditimbulkan oleh logam berat tersebut, maka tindakan penurunan kandungan logam berat harus dilakukan sebelum air limbah industri dibuang ke badan air.

Ada berbagai metode yang biasanya digunakan untuk menurunkan kadar logam berat yang terdapat di air limbah. Metode yang sering digunakan antara lain: *ion exchange* (Dabrowskiet dkk., 2004), presipitasi kimia (Shih dkk., 2013), dan adsorpsi (Khoramzadeh dkk., 2013). Diantara berbagai metode tersebut, adsorpsi merupakan metode yang paling umum digunakan karena biaya relatif murah, ramah lingkungan, dan proses pembuatan alat lebih mudah (Zeng dan Meng, 2015; Sut dkk., 2008).

Saat ini, penelitian untuk mendapatkan adsorben yang murah terus dikembangkan oleh para peneliti. Biomassa yang berasal dari limbah agroindustri menjadi salah satu bahan baku alternatif untuk pembuatan adsorben, karena jumlahnya yang melimpah, harganya murah dan mudah terdegradasi di lingkungan (Saka dkk., 2011). Selain itu, biomassa juga mempunyai kemampuannya dalam menjerap logam berat lebih efektif bila dibandingkan dengan adsorbent lainnya (Sud dkk., 2008; Saka dkk., 2012; Homagai dkk., 2011). Biomassa yang berasal dari limbah padat agroindustri umumnya adalah biomassa lignoselulosa yang mengandung komponen-komponen penyusun antara lain lignin, hemiselulosa, dan selulosa.

Selulosa menjadi salah satu unit penyusun biomassa lignoselulosa berupa gugus hidroksil yang mempunyai afinitas yang tinggi

terhadap logam berat (Ngah dan Hanafiah, 2008; Halim dan Deyab, 2011). Namun, untuk lebih meningkatkan afinitasnya terhadap ion logam, maka dibutuhkan modifikasi kimia dengan mereaksikannya menjadi selulosa xanthate. Selulosa xanthate merupakan produk dari reaksi antara selulosa dengan karbon disulfida ( $CS_2$ ) yang membentuk suatu garam dengan rumus kimia  $ROCS_2^-M^+$  ( $R =$  alkil;  $M^+ = Na^+$ ) (Heuser, 1943). Pemilihan xanthat sebagai adsorben didasarkan atas adanya kandungan dua atom sulfur yang bermuatan negatif yang mampu menangkap ion logam berat yang umumnya bervalensi dua, seperti merkuri ( $Hg^{2+}$ ), Timbal ( $Pb^{2+}$ ), seng ( $Zn^{2+}$ ), tembaga dan lain-lain (Liang dkk., 2009; Tian dkk., 2015).

Beberapa penelitian telah mempelajari tentang pemanfaatan limbah agroindustri sebagai bahan baku pembuatan senyawa xanthat seperti, kulit jeruk (Feng dkk., 2009), eceng gondok dan batang jagung (Zheng dan Meng, 2016), kulit apel (Basyal dkk., 2010; Chand, 2015), serbuk gergaji (Lu dkk., 2014), dan bagas tebu (Homagai dkk., 2011; Iryani dkk., 2017).

Penelitian tentang pengaruh konsentrasi  $CS_2$  dan waktu reaksi xhantasi terhadap kapasitas adsorpsi logam berat telah dipelajari oleh Kim *et al.*, 1999. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa waktu reaksi dan konsentrasi  $CS_2$  mempengaruhi kapasitas adsorpsi logam berat  $Pb^{2+}$ . Namun, penelitian tersebut tidak menjelaskan efek konsentrasi  $CS_2$  terhadap derajat substitusi selulosa xhantat. Pengaruh konsentrasi  $CS_2$  terhadap derajat substitusi dan kapasitas adsorpsi telah dipelajari oleh Iryani dkk., 2017. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi selulosa xhantat dapat dipengaruhi oleh derajat substitusi selulosa xhantat yang merupakan fungsi dari konsentrasi  $CS_2$ . Penelitian ini menunjukkan bahwa Konsentrasi  $CS_2$  sebesar 160-180 % terhadap jumlah selulosa ( $T = 35^\circ C$ , 100 menit) memberikan kemampuan adsorpsi logam Cu dan Pb dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 50,11-54,23 mg/gr *collector*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ada batasan penggunaan dari konsentrasi  $CS_2$  yang digunakan pada reaksi xhantasi (Iryani dkk., 2017).

Selain konsentrasi  $CS_2$ , temperatur dan waktu reaksi juga memiliki peran yang penting pada reaksi xhantasi (Heuser, 1943). Umumnya, proses xhantasi dapat dilakukan pada temperatur kamar ( $25^\circ C$ ) selama 3 jam untuk mendapatkan derajat substitusi yang

tinggi. Namun, derajat substitusi dapat diperoleh dengan waktu yang lebih singkat yaitu hanya dengan 100 menit apabila temperatur reaksi dinaikkan sampai 35 °C, selulosa yang digunakan (21,6 mL CS<sub>2</sub>).

Berdasarkan pemaparan yang disebutkan di atas, maka penelitian ini dilaksanakan untuk mempelajari efek temperatur xhantasi terhadap derajat substitusi (DS), derajat polimerisasi (DP), dan kapasitas adsorpsi. Penelitian dilaksanakan dengan variasi temperatur, yaitu 35°C, 40°C, dan 45°C selama 60 menit. Efek temperatur xhantasi terhadap derajat substitusi dan kapasitas adsorpsi selanjutnya dipelajari melalui analisa secara kualitatif dan kuantitatif. Efek temperatur reaksi perubahan gugus fungsi dan sifat morfologi selulosa xanthat diamati menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

## 2. Metodologi

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan bagas tebu yang berasal dari PT. Gula Putih Mataram, NaOH 18% (Merck), Karbon disulfida (CS<sub>2</sub>) 16,67 M (Merck), HNO<sub>3</sub> 70% (Merck), BaCl<sub>2</sub> (Merck), serbuk bubuk logam (Pb<sup>2+</sup> dan Zn<sup>2+</sup>). Instrumen analisis yang digunakan diantaranya adalah: viskometer (NORMALAB), *refractometer* (ATAGO PR 101-d), SEM (Zeiss Evo MA10), FTIR (8201PC Shimadzu, dan AAS (Perkin Elmer 3110).

### 2.1. Pembuatan Selulosa Xanthat

Pembuatan selulosa xhantat dilaksanakan melalui beberapa tahap. Tahap pertama adalah isolasi selulosa dari bagas tebu. Bagas tebu sebanyak 150 g dicuci dan dikeringkan didalam oven pada suhu 105°C, sampai beratnya konstan. Selanjutnya, bagas tebu tersebut direndam dalam larutan NaOH 0,25 M selama 18 jam pada suhu ruang. Setelah proses perendaman selesai, bagas tebu disaring sambil dicuci, dan selanjutnya direfluk dengan menggunakan larutan HNO<sub>3</sub>/Etanol (20% v/v) selama 3 jam. Produk padatan hasil refluk dibilas dengan *aquadest*, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai beratnya konstan (Cerqueira dkk., 2007). Proses selanjutnya adalah alkalisasi selulosa. Alkalisasi dilakukan dengan merendam 15 gram selulosa hasil isolasi bagas tebu ke dalam 100 mL larutan NaOH 18%, selama 3 jam pada suhu ruang.

### 2.2. Xanthasi Selulosa

Setelah tahap alkalisasi selulosa selesai, kemudian ke dalam larutan alkali

ditambahkan CS<sub>2</sub> sebanyak 180% (b/b) dari berat selulosa yang digunakan (21,6 mL CS<sub>2</sub>). Proses xanthasi dilakukan pada suhu 35°C, 40°C, dan 45°C selama 60 menit, dan selama proses xanthasi tersebut dilakukan pengadukan dengan pengaduk magnetik. Setelah tahap xanthasi selesai, padatan dipisahkan dari larutan untuk kemudian dicuci dengan aquades untuk menghilangkan alkali berlebih dan menetralkan pH ke 7, lalu padatan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105°C selama 3 jam. Padatan tersebut adalah adsorben selulosa xanthat.

### 2.3. Uji adsorpsi logam

Uji adsorpsi logam dilakukan dengan menggunakan adsorben selulosa xanthate sebanyak 0,1 gr/100 ml larutan ion logam (Pb<sup>2+</sup> dan Zn<sup>2+</sup>), dengan konsentrasi larutan logam sebesar 100 mg logam/L. Uji adsorpsi logam dilakukan pada suhu 25°C dengan rentang pH 2 - 6,5 selama 120 menit. Selama proses adsorpsi ion, campuran dikocok dengan menggunakan pengaduk orbital dengan kecepatan 120 rpm. Residu larutan logam lalu dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spechtrphotometer* (AAS).

### 2.4. Penentuan 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 xanthat per unit selulosa didalam selulosa xanthat.

### 2.5. Penentuan Derajat Polimerisasi (DP)

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

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

Keterangan:

DP : derajat polimerisasi

BM : berat molekul

Berat molekul selulosa xanthat dapat ditentukan dengan metode viskositas menggunakan *Viscometer Ostwald* (Cerqueira dkk., 2007 dan Wahyuni dkk., 2013).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Gugus Fungsi

Perubahan gugus fungsi yang terjadi pada setiap tahap sintesis selulosa xanthat diamati melalui analisis FTIR dan ditampilkan pada Gambar 1. Analisis dilaksanakan dengan membandingkan perubahan gugus fungsi kondisi awal dari bagas tebu sebagai bahan baku, produk selulosa hasil isolasi, alkali selulosa, dan selulosa xanthat pada berbagai variasi temperatur xhantasi (35°C, 40°C, dan 45°C).

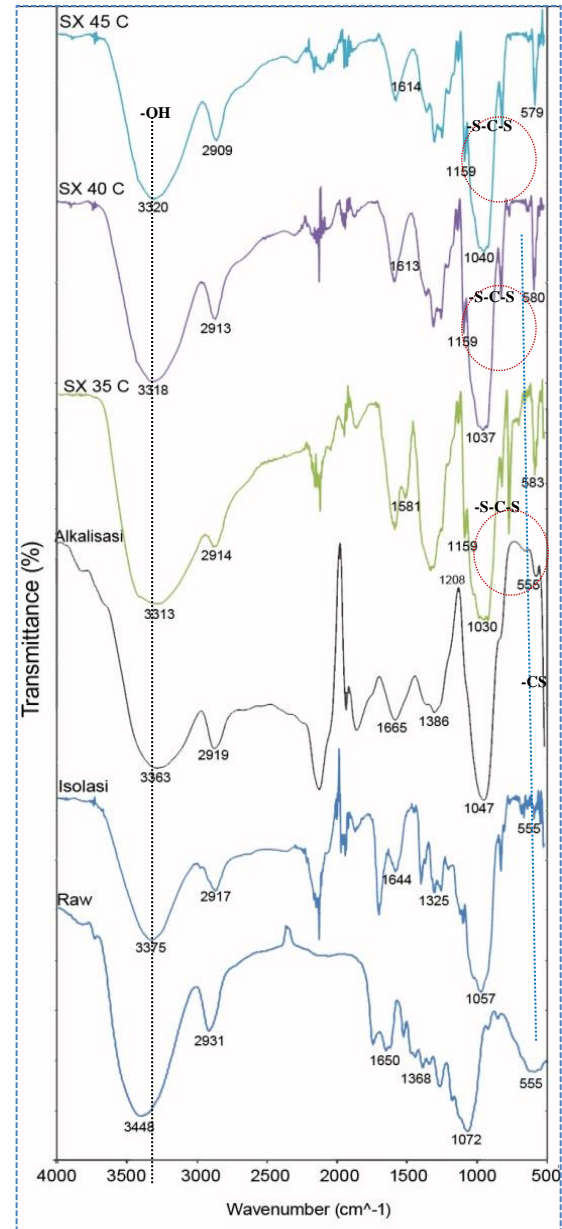
Analisis FTIR menunjukkan bahwa spektra bagas tebu dan selulosa hasil isolasi mempunyai puncak serapan adsorpsi pada kisaran  $3.450\text{ cm}^{-1}$  yang menjelaskan adanya ikatan antar molekul gugus fungsi hidroksil. Pada bilangan gelombang  $1600\text{ cm}^{-1}$  menjelaskan keberadaan gugus  $\text{C}=\text{C}$ , sedangkan bilangan gelombang sekitar  $2900\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan gugus  $\text{C}-\text{H}$ . Bilangan gelombang sekitar  $1030\text{ cm}^{-1}$  mewakili gugus fungsi karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ). Berbeda dengan bagas tebu dan selulosa hasil proses isolasi, puncak serapan dari selulosa alkali bergeser menjadi  $3363\text{ cm}^{-1}$ . Hal ini menunjukkan bahwa sebagian gugus hidroksil pada bagas tebu telah tergantikan dengan Na.

Selanjutnya, pada Gambar 1 terlihat bahwa selulosa xanthat pada berbagai variasi suhu mempunyai bilangan gelombang gugus hidroksil yang paling kecil bila dibandingkan dengan kondisi yang lain. Hal ini menjelaskan bahwa gugus sulfur telah masuk dan berikatan dengan gugus Na serta menggantikan gugus O-H. Ikatan gugus O-H yang pada awalnya bernilai  $3448\text{ cm}^{-1}$ , bergeser menjadi masing-masing  $3.313\text{ cm}^{-1}$ ,  $3.318\text{ cm}^{-1}$ , dan  $3.320\text{ cm}^{-1}$ . Adanya puncak baru yang muncul pada bilangan gelombang  $580\text{ cm}^{-1}$ ,  $1.030\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1.159\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan keberadaan gugus  $\text{C}-\text{S}$ ,  $\text{C}=\text{S}$ , dan  $\text{S}-\text{C}-\text{S}$ , dimana gugus-gugus tersebut merupakan grup xanthat (Tian dkk., 2015).

#### 3.2. Struktur Morfologi

Analisis SEM dilakukan untuk melihat perubahan morfologi sebelum dan sesudah proses xhantasi pada sampel selulosa hasil isolasi dan selulosa xanthat. Hasil analisis SEM ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Berdasarkan hasil analisis SEM terlihat adanya perubahan morfologi antara selulosa hasil isolasi dan selulosa xanthat. Perubahan morfologi tersebut memperlihatkan adanya perubahan yang sangat signifikan antara selulosa sebelum dan sesudah reaksi

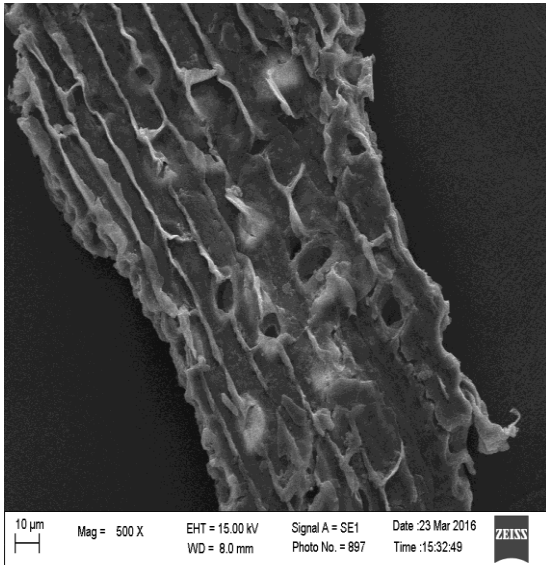
xhantasi. Produk selulosa sebelum xhantasi mempunyai permukaan yang padat dan kasar, namun setelah proses xhantasi penampakan matrik selulosa menjadi lebih jelas terlihat dan teratur. Permukaan produk selulosa setelah xhantasi juga lebih halus. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi xhantasi membuat matrik selulosa menjadi lebih luas sehingga memungkinkan terjadinya proses transfer massa selama proses adsorpsi.



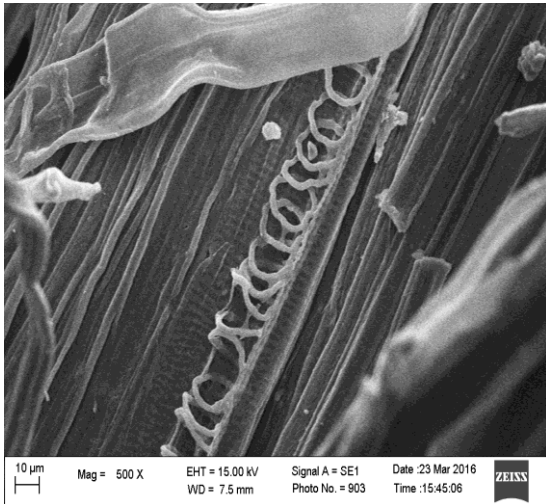
Gambar 1. FTIR Selulosa xanthat

Perubahan morfologi tersebut terjadi dikarenakan adanya proses alkalisasi dengan penambahan larutan NaOH pada selulosa hasil isolasi yang menyebabkan struktur selulosa menjadi lebih mengembang

(berongga), dan menyebabkan  $\text{CS}_2$  terdistribusi kedalam gugus selulosa sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi pada adsorben dalam menyerap logam berat dalam badan perairan.



**Gambar 2.** SEM selulosa isolasi

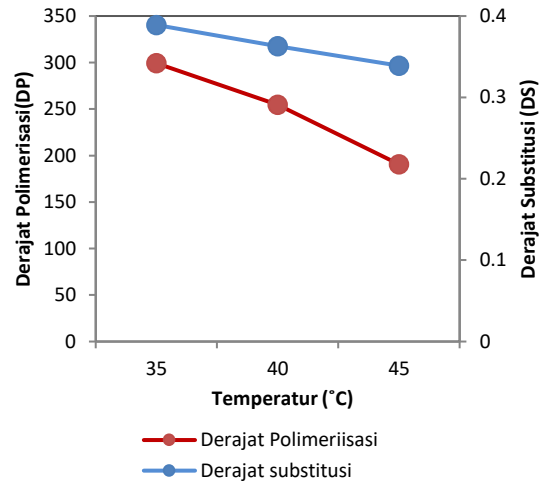


**Gambar 3.** SEM selulosa xanthat

### 3.3. Analisis Nilai DS dan DP

Data nilai DS dan DP dari selulosa xanthat didapatkan melalui perhitungan secara analisis kuantitatif. Nilai DS adalah jumlah grup xanthat per selulosa dalam selulosa xanthat, sedangkan DP adalah jumlah unit struktur dalam selulosa xanthat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai DS dan DP yang didapat berbanding terbalik

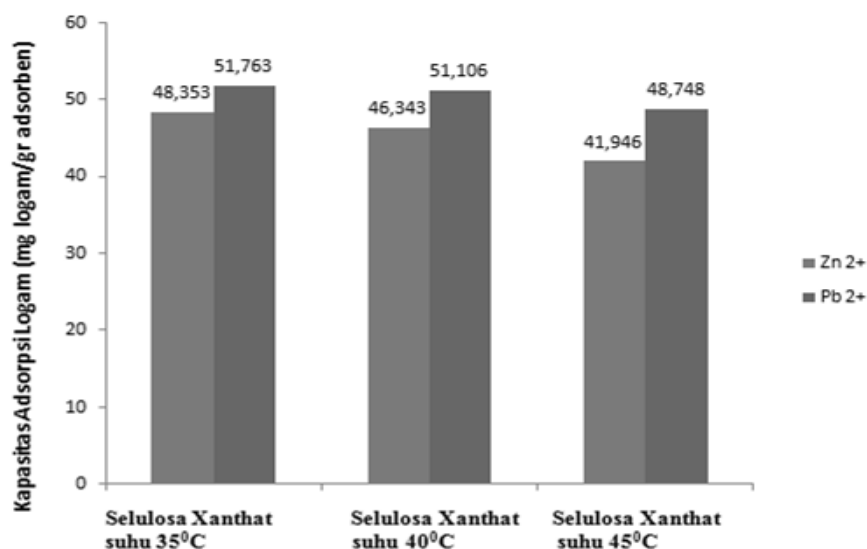
terhadap peningkatan suhu. Nilai DS dan DP tertinggi didapatkan pada temperatur  $35^\circ\text{C}$ , yaitu 0,389 untuk nilai DS dan 342,55 untuk nilai DP. Hal ini dikarenakan variasi suhu yang mendekati suhu titik didih  $\text{CS}_2$  menyebabkan sebagian  $\text{CS}_2$  menguap dan mengakibatkan berkurangnya  $\text{CS}_2$  yang berkontak dengan selulosa selama proses xanthasi. Untuk hasil nilai DS dan DP dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Nilai DS dan DP selulosa xanthat pada berbagai variasi temperatur Xhantasi

Kemampuan penyerapan selulosa xanthat terhadap logam-logam berat bervalensi dua ( $\text{Zn}^{2+}$  dan  $\text{Pb}^{2+}$ ) diuji melalui proses adsorpsi. Proses adsorpsi dilakukan selama 120 menit pada tekanan atmosferik dan suhu ruang. Larutan sampel yang digunakan diuji sebelum dan sesudah proses adsorpsi dianalisa konsentrasinya dengan menggunakan AAS. Uji adsorpsi logam dilakukan dengan menggunakan larutan logam berat dengan konsentrasi 100 mg/L seng ( $\text{Zn}^{2+}$ ) dan timbal ( $\text{Pb}^{2+}$ ). Sementara jumlah adsorben (selulosa xhantat) yang digunakan adalah sebanyak 0,1 gr/100 ml larutan. Kemudian setelah proses adsorpsi dilakukan, larutan dianalisis konsentrasi logamnya. Gambar 5 menampilkan konsentrasi larutan logam hasil karakterisasi dengan metode AAS.

Hasil analisis memperlihatkan bahwa kapasitas adsorpsi terbaik didapatkan pada kondisi temperatur reaksi xhantasi  $35^\circ\text{C}$ . Produk selulosa xhantat pada kondisi ini mampu menyerap ion logam berat yang lebih banyak dibandingkan dengan temperatur reaksi xanthasi lainnya. Hal ini sesuai dengan nilai DS dan DP dari selulosa xhantat yang tertinggi diperoleh pada kondisi temperatur yang sama ( $35^\circ\text{C}$ ).



Gambar 5. Kapasitas adsorpsi selulosa xanthat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur reaksi xantasi dapat ditingkatkan maksimum hanya sampai pada temperatur 35 °C saja, karena apabila peningkatan temperatur xantasi yang mendekati titik didih CS<sub>2</sub> menyebabkan CS<sub>2</sub> menguap sehingga mengurangi jumlah CS<sub>2</sub> yang berkontak dengan selulosa. Kapasitas adsorpsi selulosa xanthat logam Pb<sup>2+</sup> yaitu 51,763 mg/g dan untuk logam Zn<sup>2+</sup> adalah 48,353 mg/g. Berdasarkan penelitian diperoleh hasil kesimpulan yaitu nilai kapasitas adsorpsi selulosa xanthat berbanding lurus dengan nilai DS dan DP. Nilai tertinggi DS dan Dp didapatkan pada temperatur 35 °C yaitu 0,389 dan derajat polimerisasi 342,55. Nilai DS dan DP selulosa xanthat berbanding terbalik terhadap temperatur xantasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adanya peningkatan temperatur xantasi di atas temperatur 45 °C (mendekati titik didih CS<sub>2</sub>) menyebabkan terjadinya penguapan senyawa CS<sub>2</sub> sehingga mengurangi transfer massa senyawa CS<sub>2</sub> ke dalam gugus selulosa alkali (selulosa-Na).

#### 4. Kesimpulan

Kapasitas adsorpsi selulosa xanthat dari bagas tebu pada penyerapan logam berat terbaru Zn<sup>2+</sup> didapatkan pada temperatur reaksi xantasi 35 °C, yaitu 48,353 mg/g. Sedangkan kapasitas adsorpsi untuk logam Pb<sup>2+</sup> didapatkan pada temperatur 40 °C. Yaitu 51,439 mg/g.

#### Daftar Pustaka

- Abdel-Halim, E.S., Al-Deyab, S.S. (2011) Removal of heavy metals from their aqueous solutions through adsorption onto natural polymers, *Carbohydrate Polymers*, 84, 454-458
- Baidho, Z. E., Lazuardy, T., Rohmania, S., Hartati, I. (2013) Adsorpsi logam berat pb dalam larutan menggunakan senyawa xanthate jerami padi, *Prosiding SNST ke-4. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim*. Semarang, 43-47.
- Bashyal, D., Homagai, P.L., Ghimire, K.N. (2010) Removal of Lead from Aqueous Medium Using Xanthate Modified Apple Juice Residue, *Journal of Nepal Chemical Society*, 26, 53-60.
- Budiyanto, F. dan Lestari (2015) The Assessment of Sediment Contamination Level in the Lampung Bay, Indonesia: Heavy Metal Perspective, *Jurnal Segara*, 11(1), 67-73.
- Cerqueira, D., Filho, G., Meireles, C. (2007) Optimization of sugarcane bagasse cellulose acetylation, *Carbohydrate Polymers*, 69(3), 579-582.
- Chand. P., Bafana, A., Pakade, Yogesh B. (2015) Xanthate modified apple pomace as an adsorbent for removal of Cd (II), Ni (II) and Pb (II), and its application to real industrial wastewater, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 97, 60-66.



- Dabrowski, A., Hubicki, Z., Podkoscielny, Z., Robens, Z., Hubicki, Z., Podkoscielny P., Robens, E. (2004) Selective removal of the heavy metal ions from waters and industrial wastewaters by ion-exchange method, *Chemosphere*, 56, 91-106.
- Feng, N., Guo, X., Liang, S. (2009) Adsorption study of copper (II) by chemically modified orange peel, *Journal of Hazardous Materials*, 164, 1286-1292.
- Heuser, E (1943) *The Chemistry of Cellulose* John Wiley & Sons INC, London.
- Homagai P, Ghimire, K., and Inoue, K. (2010) Preparation and characterization of charred xanthated sugarcane bagasse for the separation of heavy metals from aqueous solutions. *Separation Science and Technology*, 46, 330-339.
- Iryani, D. A., Kumagai, S., Nonaka, M., Nagashima, Y., Sasaki, K., Hirajima, T. (2014) 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.
- 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 Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 65: 012039 1-9.
- Kim, T. and Lee, K. (1999) Application of insoluble cellulose xanthate for the removal of heavy metals from aqueous solution, *Korean Journal of Chemical Engineering*, 16, 298-302.
- Sha, Guo., Feng, Ningchuan F., Qinghua (2009), Application of orange peel xanthate for the adsorption of Pb<sup>2+</sup> from aqueous solutions, Application of orange peel xanthate for the adsorption of Pb<sup>2+</sup> from aqueous solutions, *Journal of Hazardous Materials*, 170, 425-429
- Lu X., Hu, Y., Zhang, B. (2014) Kinetics and equilibrium adsorption of copper(II) and nickel(II) ions from aqueous solution using sawdust xanthate modified with ethanediamine, *Transactions of Non-ferrous Metals Society of China*, 24, 868-875
- Ngah, W.S.W, Hanafiah M.A.K.M. (2008), Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review, *Bioresource Technology*, 99, 3935-3948.
- Saka, C., Sahin, O., Kucuk, M.M. (2012) Applications on agricultural and forest waste adsorbents for the removal of lead (II) from contaminated waters, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 9, 379-394
- Sud, D., Mahajan, G., Kaur, M.P. (2008) Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions - A review, *Bioresource Technology*, 99, 6017-6027.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) 2004 Prosedur analisa sulfat dengan metode gravimetri 06-6989.20-2004
- SNI (Standar Nasional Indonesia) (2009) *Prosedur analisa Sulfat dengan Metode Gravimetri* 06-6989.20-2009.
- Tian, A., Xiaojun, J., Hongmei, Y., Hongbo, X., Dawei, P., Qingyu, L., Dongyu, Jinyang, L. (2015) *Equilibrium, kinetic and mechanism studies on the biosorption of Cu<sup>2+</sup> and Ni<sup>2+</sup> by sulfur-modified bamboo powder*. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 32(2), 342-349.
- Wahyuni, I., Rojul, A. B., Nasocha, E., Rosyi, N. F., Khusnia, N., Ningsih, O. R., (2013) *Penentuan Berat Molekul Polimer dengan Metode Viskositas*. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga. Surabaya.
- Wang S., and Peng Y. (2010) Natural Zeolites as Effective Adsorbents in Water and Wastewater Treatment *Chemical Engineering Journal*, 156(1), 11-24.
- 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

