

## Pengenalan Metode Adsorpsi Logam Fe (III) Menggunakan Selulosa dan Selulosa Asetat dari Serbuk Gergaji Kayu kepada Siswa SMA Al-Azhar 14 Semarang

Muhammad Cholid Djunaidi<sup>1</sup>, Pratama Jujur Wibawa<sup>2</sup>, Ahmad Suseno<sup>3</sup>

Departemen Kimia Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>1</sup>[choliddjunaidi@live.undip.ac.id](mailto:choliddjunaidi@live.undip.ac.id)

<sup>2</sup>[pratamajw@live.undip.ac.id](mailto:pratamajw@live.undip.ac.id)

<sup>3</sup>[suseno@live.undip.ac.id](mailto:suseno@live.undip.ac.id)

*Abstrak* — Pencemaran pada perairan salah satunya disebabkan oleh adanya buangan domestik yang mengandung ion logam berat mengakibatkan semakin sedikitnya pasokan air bersih. Peningkatan secara signifikan jumlah limbah padat dan cair akan menghasilkan tingginya beban cemaran lingkungan terutama yang berasal dari logam. Salah satu logam yang dapat mencemari lingkungan adalah logam Fe, upaya untuk mengurangi kadar logam besi di dalam air dengan proses yang relatif sederhana namun efektivitas hasilnya relatif tinggi adalah adsorpsi, tetapi selektivitas adsorben terhadap logam target perlu ditingkatkan. Salah satunya dengan menggunakan adsorben yang telah dimodifikasi dari selulosa menjadi selulosa asetat. Secara alami selulosa diproduksi oleh tumbuhan dan di perindustrian furnitur atau mabel kayu menjadi bahan baku dari bahan utama pembuatan furnitur dan menghasilkan sisa-sisa serbuk gergaji kayu jati yang tidak termanfaatkan dengan baik. Serbuk gergaji mengandung komponen utama selulosa, lignin dan zat ekstraktif kayu. Hasil dari adsorpsi terhadap logam Fe(III) menggunakan selulosa dan selulosa asetat mencapai 64% dan 39%. Pemaparan terhadap proses adsorpsi dilakukan kepada siswa-siswi SMA Al-Azhar 14 Semarang, dengan mempraktikkannya secara langsung. Larutan Fe dan hasil adsorpsi direaksikan dengan pengompleks KSCN, pada Fe sebelum adsorpsi terjadi pengompleksan, tetapi pada Fe yang telah dilakukan adsorpsi tidak terjadi pengompleksan yang ditandai dengan tidak adanya perubahan warna.

*Kata kunci* — Adsorpsi, Logam Fe, Selulosa, Selulosa Asetat, Senyawa Komplek

### I. PENDAHULUAN

Peningkatan secara signifikan jumlah limbah padat dan cair akan menghasilkan tingginya beban cemaran lingkungan. Logam besi merupakan salah satu jenis logam berat pencemar yang sering ditemukan di dalam air. Sumber pencemar logam besi berlebih di dalam air disebabkan oleh masuknya limbah industri ke dalam perairan yang berasal dari korosi pipa-pipa air, industri baja, pupuk, pestisida, keramik, dan baterai. Meskipun logam besi merupakan mineral esensial, namun keberadaan logam besi yang berlebih di dalam air dapat berdampak bagi kesehatan masyarakat yang membahayakan sistem pencernaan dan kulit, sehingga Organisasi Kesehatan Dunia, yaitu WHO (World Health Organization) membatasi 0,3 mg/L besi dalam air minum (Fan dan Sun, 2012). Salah satu metode untuk mengurangi kadar logam besi di dalam air dengan proses yang relatif sederhana tetapi memiliki efektivitas hasil relatif tinggi adalah adsorpsi, salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah selulosa. Secara alami selulosa di produksi oleh tumbuhan dan di perindustrian *furniture* atau mabel. Kayu menjadi bahan baku dari bahan utama pembuatan *furniture* dan menghasilkan sisa-sisa serbuk

gergaji kayu jati yang tidak termanfaatkan dengan baik.

Serbuk gergaji mengandung komponen utama selulosa, lignin dan zat ekstraktif kayu. Serbuk kayu merupakan bahan berpori sehingga air mudah terserap dan mengisi pori-pori. Sifat serbuk gergaji adalah higroskopik atau mudah menyerap. Pada pengabdian ini digunakan serbuk gergaji kayu jati yang kurang dimanfaatkan dan menumpuk di pengrajin *furniture*. Hal ini juga memunculkan berbagai alternatif yang dapat menjawab masalah tersebut dengan membuat limbah serbuk gergaji kayu jati sebagai bahan penyerap logam berat. Selulosa umumnya mengandung gugus fungsional COOH dan -OH dimana interaksi logam dengan gugus fungsional yang ada dipermukaan adsorben dapat digunakan sebagai media penyerap logam berat, untuk meningkatkan efektivitas dari selulosa dapat dilakukan dengan modifikasi selulosa menjadi selulosa asetat.

Pada pengabdian ini tim akan mengenalkan upaya adsorpsi logam Fe dengan menggunakan selulosa dihadapan siswa SMA Islam Alazhar 14 Semarang, dan untuk meningkatkan kapasitas dari adsorben maka dilakukan sintesis turunan dari selulosa yang berupa selulosa asetat.

## II. METODOLOGI

Sebelum dilakukan pemaparan kepada siswa-siswi SMA Al-Azhar 14 Semarang, dilakukan penelitian pendahuluan yang dilakukan di Laboratorium Kimia FSM Universitas Diponegoro dengan langkah-langkah sebagai berikut, yaitu:

### A. Ekstraksi Selulosa yang Berasal dari Serbuk Kayu

Serbuk gergaji kayu jati diolah secara mekanik hingga berbentuk bubuk berukuran 50 mesh. Serbuk kayu dimasak dalam akuades dengan suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam untuk menghilangkan pengotor yang ada didalamnya. Serbuk tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu  $45^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Proses ekstraksi selulosa dilakukan dengan larutan NaOH (0,5M) dibantu dengan ultrasonik tanduk. Perbandingan serbuk gergaji kayu sengon dan larutan NaOH sebesar 1:30 (w/v). Proses delignifikasi ultrasonik dilakukan pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  dan  $40^{\circ}\text{C}$  selama berbagai waktu (30 menit hingga 90 menit).

### B. Sintesis Selulosa Asetat

Lima gram selulosa dimasukkan ke dalam labu didih ukuran 100 mL, lalu ditambahkan larutan NaOH 33 % sebanyak 17,5 mL. Selanjutnya campuran diaduk selama kurang lebih 30 menit, dan ditambahkan 12,5 mL larutan asam kloroasetat 50% sedikit demi sedikit dengan pipet tetes sambil terus diaduk. Campuran dipanaskan dalam penangas air dengan suhu  $80-90^{\circ}\text{C}$ . Pemanasan dilakukan selama 2 jam, kemudian didinginkan dan diasamkan dengan HCl 6 M sampai pH = 1. Selanjutnya diekstraksi dengan dietiler sebanyak 3 kali. Ekstrak eter digabung dan diekstraksi dengan natrium bikarbonat 5% b/v sebanyak 3 kali, kemudian lapisan air diasamkan dengan HCl 6 M sampai pH = 1. Selanjutnya dilakukan penyaringan, pengeringan dan penimbangan. Hasil yang didapat dianalisis dengan FTIR.

### C. Uji Adsorpsi

Uji adsorpsi dilakukan dengan metode lumpok (batch), pada pH 3, 50 mg adsorben Selulosa dan Selulosa asetat 10 mg/L larutan ion logam Fe(III) variasi waktu kontak 24 jam. Campuran disaring dengan kertas saring halus dan konsentrasi ion logam Fe(III) dalam filtrat dianalisis menggunakan *Atomic Adsorption Spectrophotometer* (AAS).

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat di SMA Al-Azhar 14 Semarang menghasilkan data sebagai berikut:

### A. Ekstraksi Selulosa dari Serbuk Kayu

Proses ekstraksi selulosa dilakukan dengan metode alkali (dalam keadaan basa) yang dilakukan pada temperatur  $50^{\circ}\text{C}$  dan waktu ekstraksi 40 menit. Setelah dilakukan proses ekstraksi, perubahan warna terjadi baik pada warna larutan dan juga padatnya. Larutan NaOH mengalami perubahan warna menjadi coklat kehitaman.



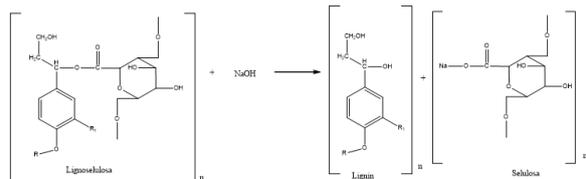
Gbr. 1 Serbuk kayu ditambah alkali NaOH

Endapan yang terbentuk dipisahkan dari larutannya kemudian dilakukan *bleaching* dengan menggunakan larutan NaOCl (5%). NaOCl merupakan salah satu *bleaching agent* yang umum digunakan pada proses pembuatan kertas. Proses *bleaching* bertujuan untuk memperbaiki *brightness*, memperbaiki kemurnian, dan meminimalisir terjadinya degradasi serat selulosa.



Gbr. 2 Bleaching dengan NaOCl

Pada proses ini terjadi degradasi dari rantai lignin yang tersisa. Hal ini dikarenakan adanya ion hipoklorit yang merupakan *active bleaching agent*. Sehingga terjadi perubahan warna selulosa dari coklat menjadi putih. Reaksi perubahan lingoselulosa menjadi lignin dan selulosa:



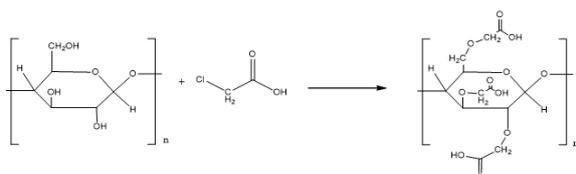
Gbr. 3 Reaksi deliginasi selulosa



Gbr. 4 Selulosa

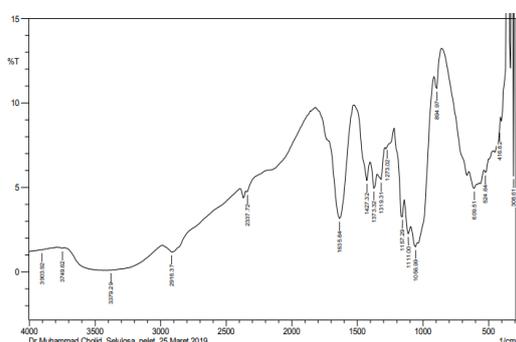
### B. Sintesis Selulosa Asetat

Proses asetilasi selulosa menghasilkan selulosa asetat berupa padatan berwarna putih. Reaksi asetilasi dimana terbentuk selulosa triasetat. Berikut merupakan reaksi pembuatan dari selulosa asetat:

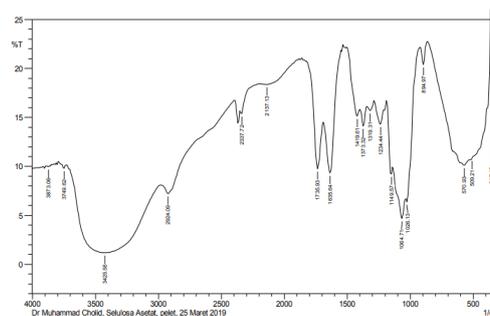


Gbr. 5 Sintesis selulosa asetat

Selulosa dan selulosa asetat dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus-gugus yang terdapat di dalam komponen senyawa selulosa dan selulosa asetat dengan hasil grafik sebagai berikut:



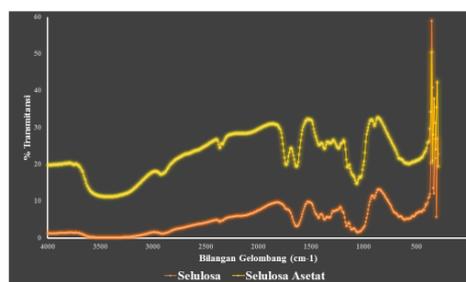
Gbr. 6 FTIR Selulosa



Gbr. 7 FTIR Selulosa Asetat

Pada grafik hasil FTIR selulosa dan selulosa asetat dilakukan penggabungan untuk mengetahui perbedaan gugus-gugus yang terdapat di dalam senyawa selulosa dan selulosa asetat.

FTIR Selulosa dan Selulosa Asetat



Gbr. 8 FTIR selulosa dan selulosa asetat

Selulosa dianalisa berdasarkan serapan gugus O-H stretching pada daerah serapan antara  $3600\text{ cm}^{-1}$  –  $3300\text{ cm}^{-1}$ . Spektrum selulosa memiliki gugus fungsi O-H stretching pada  $3410.15\text{ cm}^{-1}$  dan memiliki gugus fungsi C-H stretching pada serapan  $2964.59\text{ cm}^{-1}$ ,  $2933.73\text{ cm}^{-1}$  dan  $2875.86\text{ cm}^{-1}$ . Serta gugus fungsi C-O glikosida (bending) terlihat pada panjang gelombang  $864.11\text{ cm}^{-1}$  dan puncak serapan C-O bending pada bilangan gelombang  $1111.00\text{ cm}^{-1}$  Dimana gugus fungsi OH, C-H dan C-O glikosidik merupakan gugus utama selulosa.

Selulosa asetat dianalisa dengan puncak serapan khas selulosa asetat yaitu gugus fungsi C=O stretching pada  $1726.29\text{ cm}^{-1}$  yang tajam. Serta puncak serapan C-O bending pada bilangan gelombang  $1126.43\text{ cm}^{-1}$  dan  $836.18\text{ cm}^{-1}$  untuk gugus fungsi C-O glikosida. Terdapat gugus fungsi O-H pada  $3425.58\text{ cm}^{-1}$ . Gugus fungsi C=O dan C-O ester merupakan gugus fungsi utama selulosa asetat dan dikatakan sintesis yang dilakukan berhasil dengan memasukkan gugus asetil pada selulosa

### C. Uji Adsorpsi Logam Fe(III)

Filtrat hasil adsorpsi selulosa dan selulosa asetat di analisis menggunakan AAS disaikan pada tabe berikut :

Tabel 1. Hasil Uji Adsorpsi Fe(III) dengan Selulosa

Kode Sampel	Parameter	Hasil Pengukuran		
		I	II	III
Fe mula-mula 10ppm	Fe	10,945	11,017	11,088
SA-Fe-10-30'	Fe	6,809	6,595	6,738
Selulosa-Fe-10-30'	Fe	3,885	3,885	4,028

Selulosa dan selulosa asetat menunjukkan keefektifan yang cukup tinggi dalam menyerap logam Fe(III). Hasil analisa AAS tersebut menunjukkan  $\pm 50\%$  logam Fe(III) telah terjerap oleh selulosa dan selulosa asetat selama 30 menit.

Setelah dilakukan adsorpsi, hasil filtratnya diuji menggunakan pengompleks KSCN, pada larutan ion logam Fe mula-mula terbentuk senyawa kompleks dengan warna orange sedangkan pada larutan filtrat hasil adsorpsi tidak terbentuk senyawa kompleks yang dibuktikan dengan tidak adanya perubahan warna ketika filtrat dicampurkan dengan pengompleks KSCN.



Gbr. 8 Uji larutan ion Fe sebelum adsorpsi dan setelah adsorpsi menggunakan pengompleks KSCN.

#### IV. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di SMA Al-Azhar 14 Semarang dengan topik pengenalan metode adsorpsi terhadap logam berat seperti Fe(III) di dalam limbah menggunakan serbuk gergaji yang mengandung selulosa telah berhasil dilaksanakan dengan baik. Siswa SMA Al-Azhar mempunyai ketertarikan yang luar biasa dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini, serta mampu mengikuti kegiatan penelitian dengan baik. Sehingga, dalam penelitian tersebut siswa-siswi SMA Al-Azhar 14 Semarang mengetahui bahwa di dalam serbuk kayu terdapat kandungan selulosa yang dapat digunakan dalam adsorpsi logam berat seperti Fe(III). Selain itu, selulosa dapat diubah menjadi selulosa asetat menggunakan kloroasetat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Tim Pengabdian Masyarakat dan SMA Al-Azhar 14 Semarang yang sudah meluangkan waktunya, serta kepada DIPA PNBPD UNDIP 2019 atas pendanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini.

#### REFERENSI

- [1] A. E.O. B. Sghaier, Y. Chaabouni, S. Msahli, and F. Sakli., 2012, "Morphological and Crystalline Characterization of NaOH and NaOCl Treated Agave Mericana L. Fiber". *Industrial Crops and Products*. vol. 36, Issue 1, pp. 257-266.
- [2] Fessenden R.J. dan Fessenden J.S. 1992. *Kimia Organik (Diterjemahkan oleh Pudjaatmaka)*, Edisi 3, Jilid II. Jakarta : Erlangga
- [3] Fessenden R.J. dan Fessenden J.S. 1992. *Kimia Organik (Diterjemahkan oleh Pudjaatmaka)*, Edisi 3, Jilid II. Jakarta : Erlangga
- [4] Harni, Muhammad Rudy, Ani Iryani, dan Hilman Affandi, 2015, *Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (Tectona Grandis L.F.) sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)*, Program Studi Kimia, FMIPA Universitas Pakuan.
- [5] H. P. S. Khalil, Y. Davoudpour, Islam, M. N., Mustapha, A., Sudesh, K., Dungan, and R., Jawaid, M., 2014, "Production and Modification of Nanofibrillated Cellulose using Various Mechanical Processes: A Review", *Carbohydrate Polymers*, vol. 99, pp. 649-665.
- [6] Kang, K.E., Jeong, G.T. and Park, D.H., 2012, "Pretreatment of Rapeseed Straw by Sodium Hydroxide." *Bioprocess and Biosystems Eng.*, vol. 35, Issue 5, pp. 705-713.
- [7] Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Netherland : Kluwer Academic.
- [8] Muliawati, E.C. 2012. *Pembuatan dan Karakterisasi Membran Nanofiltrasi Untuk Pengolahan Air*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [9] S. Harun and S. K. Geok, 2016, "Effect of Sodium Hydroxide Pretreatment on Rice Straw Composition." *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 9, Issue. 21.
- [10] Wang, M., Zhou, D., Wang, Y., Wei, S., Yang, W., Kuang, M., Lei, M., Fang, D., Xu, S., Du, S., 2016, "Bioethanol Production from Cotton Stalk: A Comparative Study of Various Pretreatments." *Fuel*, vol. 184, pp. 527-532.
- [11] Zhang, M. F., Qin, Y. H., Ma, J. Y., Yang, L., Wu, Z. K., Wang, T. L., Wang, W. G., Wang, C. W., 2016, "Depolymerization of Microcrystalline Cellulose by The Combination of Ultrasound and Fenton Reagent." *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 31, pp. 404-408.