

STUDI INTERAKSI ION LOGAM Mn^{2+} DENGAN SELULOSA DARI SERBUK KAYU

Risfidian Mohadi*, Adi Saputra, Nurlisa Hidayati, dan Aldes Lesbani

*Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
Kampus Indralaya Km. 32, OI, Sumatera Selatan
email : risf5@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan pemisahan selulosa dari serbuk kayu dengan menggunakan metanol dan HCl pada berbagai variasi konsentrasi asam. Selulosa hasil pemisahan dikarakterisasi dengan spektroskopi FT-IR dan difraktometer XRD untuk selanjutnya digunakan sebagai adsorben ion logam Mn^{2+} dalam medium air. Proses adsorpsi dipelajari melalui variasi waktu interaksi, pengaruh variasi konsentrasi, dan desorpsi terpisah. Spektrum infra merah menunjukkan bahwa selulosa hasil pemisahan dari serbuk kayu dengan konsentrasi asam 5% memiliki kemiripan dengan spektrum infra merah selulosa standar. Difraktometer XRD selulosa hasil pemisahan menunjukkan bahwa selulosa hasil pemisahan memiliki struktur amorf. Konstanta laju adsorpsi ion logam Mn^{2+} pada selulosa hasil pemisahan lebih besar dari pada serbuk kayu dengan energi adsorpsi ion logam Mn^{2+} pada selulosa hasil pemisahan yakni sebesar 26,21 kJ/mol. Kapasitas adsorpsi ion logam Mn^{2+} pada selulosa hasil pemisahan lebih besar dari serbuk kayu. Desorpsi ion logam Mn^{2+} menggunakan H_2O , Na-EDTA, Amonium asetat, dan HCl menunjukkan interaksi kimia yang mendominasi adsorpsi ion logam Mn^{2+} pada selulosa dan serbuk kayu.

Kata kunci: Selulosa, ion logam Mn, adsorpsi, desorpsi

ABSTRACT

Separation of cellulose from sawdust using methanol and hydrochloric acid in various acid concentrations has been carried out. Cellulose from sawdust was characterized using FT-IR Spectroscopy and XRD diffractometer. The cellulose was used as adsorbent for Mn^{2+} and Co^{2+} metal ions in aqueous medium. Adsorptions process was studied through variation of time interaction, concentration and separation desorption. FT-IR Spectrum shows that cellulose with 5% acid concentration has similarity with FT-IR cellulose standard. The XRD diffractometer pattern of cellulose shows that cellulose has amorf structure. The adsorption rate constant of Mn^{2+} on cellulose from sawdust shows adsorption rate constant in cellulose is higher than in sawdust. Adsorption energy of Mn^{2+} metal ion in cellulose from sawdust was about 26.21 kJ/mol. The adsorption capacity of Mn^{2+} in cellulose is higher than in sawdust. The desorption of Mn^{2+} metal ion using H_2O , Na-EDTA, Amonium acetic, and HCl shows that the adsorption mechanism of Mn^{2+} on cellulose and sawdust is dominated by chemical interaction.

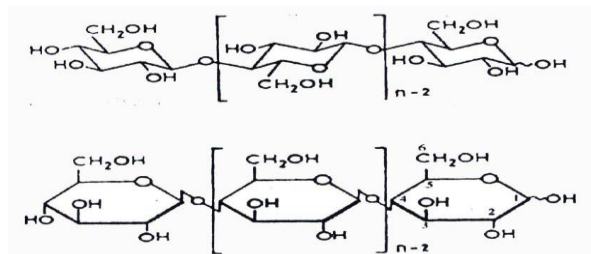
Keywords: cellulose, Mn metal ion, adsorption, desorption

PENDAHULUAN

Selulosa merupakan polisakarida yang banyak dijumpai dalam dinding sel pelindung seperti batang, dahan dan daun dari tumbuh-tumbuhan. Rumus molekul selulosa adalah

$(C_6H_{12}O_6)_n$. Suatu molekul tunggal selulosa merupakan polimer rantai lurus dari 1,4 - β -D-glukosa yang terikat satu sama lain dengan ikatan-ikatan glikosida. Molekul-molekul selulosa mempunyai kecenderungan kuat untuk membentuk ikatan-ikatan hidrogen intra- dan intermolekul

(Sjostsom, 1998). Dengan kata lain kita dapat menggambarkan struktur glukosa sebagai rantai lurus ataupun struktur cincin.



Gambar 1. Ikatan β 1,4-glikosida selulosa

Pemeriksaan dengan sinar X menunjukkan bahwa selulosa terdiri dari bagian amorf dan kristalin. Bagian kristalin adalah bagian serat dimana susunan molekul seratnya sejajar dengan sumbu serat, sedangkan bagian amorf adalah bagian serat dimana susunan molekulnya sembarang. Beberapa sifat serat terutama bergantung pada bagian amorf, misalnya penyerapan uap air, pencelupan dan pembengkakan. Hal ini disebabkan kristalin pada daerah amorf susunan gugus OH tidak teratur sehingga dapat mengadakan ikatan hidrogen dengan molekul air, sedangkan pada daerah kristalin sebagian besar gugus OH tersusun teratur dan rapat. Ion logam berat akan terikat pada gugus hidroksil atau gugus yang memiliki pasangan elektron sunyi dari suatu bahan organik, dengan demikian gugus-gugus yang berperan dalam adsorpsi adalah gugus hidroksil (-OH) (Tatsuko, 1989).

Serbuk kayu sebagai hasil samping dari industri gergaji kayu. Serbuk kayu mengandung komponen-komponen kimia seperti selulosa, hemiselulosa, lignin dan zat ekstraktif. Terdapatnya selulosa dan hemiselulosa menjadikan serbuk gergaji kayu berpotensi untuk digunakan sebagai bahan penyerap logam karena adanya gugus fungsional -OH yang dapat bertindak sebagai ligan (Sukarta, 2008).

Adsorpsi menggunakan adsorben adalah proses yang paling populer dan efektif untuk menghilangkan logam berat dari limbah cair. Proses adsorpsi menawarkan fleksibilitas dalam desain dan operasi pada banyak kasus. Perlakuan yang dilakukan cocok untuk menghilangkan warna

dan bau serta adsorbennya dapat digunakan kembali. Proses adsorpsi kadang-kadang bersifat *reversible* sehingga regenerasi adsorben dimungkinkan (O'Connell, *et al*, 2008).

Adsorpsi menggunakan adsorben merupakan proses yang paling efektif untuk menghilangkan logam berat dari limbah cair. Namun mekanisme adsorpsi ion terhadap logam sejauh ini belum banyak yang dikaji. Oleh karena itu dalam penelitian ini dipelajari interaksi dan jenis ikatan yang terjadi antara selulosa sebagai ligan dengan ion logam Mn^{2+} melalui proses adsorpsi dan desorpsi.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk kayu, selulosa, metanol, HCl, air bebas mineral, akuades, mangan (II) klorida, Na-EDTA dan amonium asetat.

Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *sentrifuge*, Spektrofotometer Serapan Atom, spektrofotometer FT-IR Shimadzu 8201 PC, difraktometer sinar-X Shimadzu Lab Type X 6000, botol maserasi, *shaker*, *oven*, dan peralatan gelas standard laboratorium.

Cara Kerja

Pemisahan Selulosa dari Serbuk Kayu Dengan Metode Maserasi

Serbuk kayu yang diambil dari limbah hasil pengolahan kayu di daerah Palembang, dikeringkan dan diayak dengan pengayak ukuran 60 mesh. Serbuk kayu kemudian siap dimaserasi.

Serbuk kayu sebanyak 80 g dimasukkan dalam botol 1 L kemudian dimaserasi menggunakan pelarut metanol 1 L sampai serbuk kayu terendam. Proses maserasi dilakukan sampai larutan tidak lagi berwarna, kemudian disaring sehingga diperoleh filtrat dan residu. Residu lalu dikeringkan dan direndam dengan HCl 1 L dengan selama 3 jam. HCl yang digunakan bervariasi dengan konsentrasi 1%, 3%, 5%, 7%, 9% dan 11% (v/v). Residu hasil perendaman dengan variasi HCL disaring, kemudian dikeringkan dan didapat residu berupa selulosa yang dikarakterisasi dengan

menggunakan spektroskopi FT-IR. Hasil karakterisasi dibandingkan dengan selulosa standar (Lenihan, 2009).

Pengaruh Waktu Interaksi Selulosa Dengan Ion Logam Mn²⁺

Sebanyak 0,1 g adsorben selulosa hasil pemisahan dari serbuk kayu diinteraksikan dengan ion logam Mn²⁺ pada konsentrasi 100 mg/L sebanyak 10 mL dengan dishaker. Waktu interaksi dimulai dari 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 180 menit. Campuran disaring dan filtratnya diambil untuk diukur kadar ion logam mangan yang tersisa didalam larutan dengan Spektrofotometer Serapan Atom. Hal yang sama dilakukan untuk adsorben serbuk kayu.

Pengaruh Konsentrasi Ion Logam Mn²⁺ Dengan Selulosa

Sebanyak 0,1 g adsorben selulosa hasil pemisahan serbuk kayu diinteraksikan dengan ion logam Mn²⁺ pada variasi konsentrasi 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 mg/L sebanyak 10 mL dan dishaker pada temperatur ruang dengan waktu maksimum hasil penentuan pengaruh waktu interaksi. Campuran disaring, lalu filtrat diukur kadar ion logam Mangan yang tersisa dalam larutan dengan Spektrofotometer Serapan Atom. Hal yang sama dilakukan untuk adsorben serbuk kayu.

Kajian Jenis Ikatan Adsorpsi Ion Logam Mn²⁺ Dengan Selulosa Melalui Desorpsi Terpisah

Sebanyak 1 g adsorben selulosa hasil pemisahan serbuk kayu diinteraksikan dengan 10 mL ion logam Mangan pada konsentrasi maksimum hasil penentuan pengaruh konsentrasi dishaker selama waktu maksimum hasil penentuan pengaruh waktu interaksi. Campuran disaring hingga diperoleh filtrat dan residu (I), filtrat kemudian di ukur kadar ion logam Mangan yang tersisa dalam larutan dengan Spektrofotometer Serapan Atom. Residu (I) dikeringkan pada temperatur 50°C, kemudian dilakukan desorpsi dengan menggunakan 0,2 g residu (I) dengan

larutan HCl 0,1M, Na-EDTA 0,1M, amonium asetat 0,1M serta air demineral sebanyak 10 mL secara terpisah. Waktu interaksi adalah waktu maksimal hasil dari pengaruh waktu interaksi pada temperatur kamar. Setelah proses interaksi, masing-masing filtrat larutan dianalisis kandungan ion logam Mn²⁺ dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom.

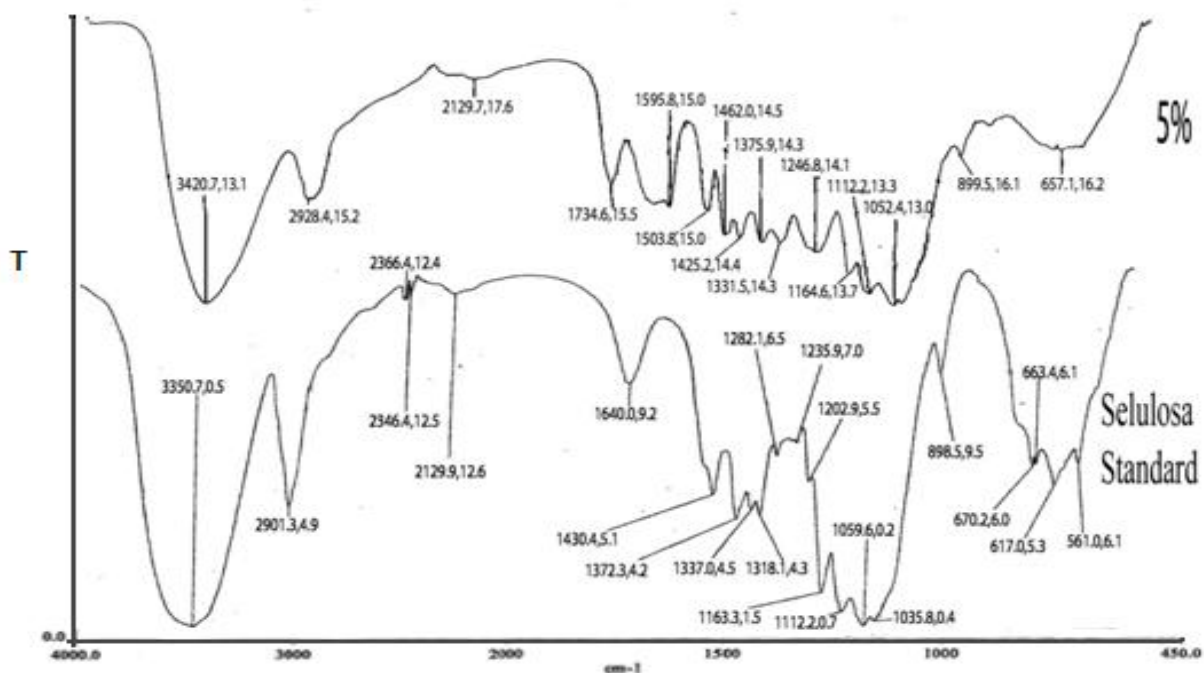
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi selulosa dari serbuk kayu dengan Spektrofotometer FT-IR

Pemisahan selulosa dari hemiselulosa dilakukan dengan merendam kembali residu menggunakan asam klorida selama tiga jam pada berbagai variasi konsentrasi asam klorida yakni sebesar 1%, 3%, 5%, 7%, 9%, dan 11% (v/v). Penggunaan HCl ditujukan untuk memecahkan ikatan hemiselulosa dan lignoselulosa sehingga diperoleh selulosa. Penggunaan variasi konsentrasi asam dalam proses pemisahan ditujukan untuk mencari konsentrasi asam terbaik, untuk memisahkan selulosa. Selulosa hasil pemisahan diidentifikasi dengan FT-IR dan di bandingkan dengan spektrum selulosa standar. Spektra FT-IR hasil pengukuran selulosa standar dan perbandingan dengan selulosa hasil pemisahan pada konsentrasi asam 5 % disajikan pada Gambar 2.

Spektra FT-IR selulosa standar menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang 3350,7 cm⁻¹, merupakan vibrasi ulur dari gugus hidroksil (-OH). Bilangan gelombang 2901,3 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi -CH dari gugus alkil yang merupakan kerangka pembangun struktur selulosa.

Bilangan gelombang 1640 dan 1430 cm⁻¹ menunjukkan gugus alkil (C-C). Diperkuat pula oleh gugus eter (C-O) yang merupakan vibrasi ulur terletak dalam daerah sidik jari pada bilangan gelombang 1282 – 1035 cm⁻¹, yang merupakan penghubung rantai karbon dalam senyawa selulosa.



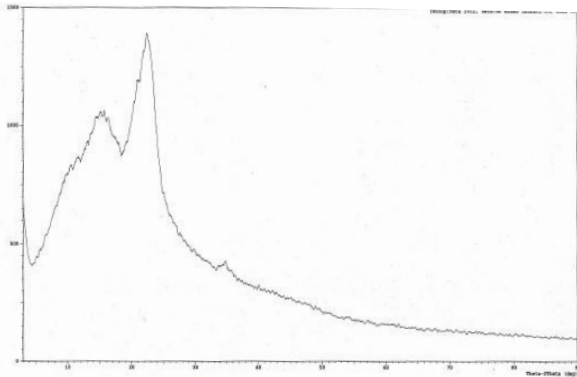
Gambar 2. Spektra FT-IR selulosa standar dan selulosa hasil pemisahan 5% (v/v)

Spektra FT-IR selulosa hasil pemisahan dengan konsentrasi asam 5% memperlihatkan kemiripan dengan selulosa standar, seperti gugus hidroksil (-OH) pada bilangan gelombang 3420 cm^{-1} , gugus alkil (-CH) pada bilangan gelombang 2928 cm^{-1} , gugus aril (C-C) di daerah serapan 1424 cm^{-1} dan gugus eter (C-O) pada daerah sidik jari $1200\text{-}1052\text{ cm}^{-1}$. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi HCl 5% (v/v) efektif untuk memisahkan selulosa dengan hemiselulosa. Pada konsentrasi asam 1% dan 3% (v/v) semua gugus penting seperti hidroksil, alkil, dan aril masih muncul pada spektra namun gugus eter (C-O) yang merupakan gugus penghubung antar karbon pada selulosa menghilang. Hal ini mengindikasikan pada senyawa ini masih terdapat senyawa glukosa, galaktosa, manosa yang merupakan penyusun senyawa hemiselulosa. Selain itu muncul pula spektra yang tidak diinginkan yakni pada serapan $1600\text{-}1700\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya senyawa aromatis yang diindikasikan penyusun struktur lignoselulosa. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada pengasaman 1% dan 3% belum terjadi pemisahan yang efektif antara selulosa dengan hemiselulosa dan lignoselulosa.

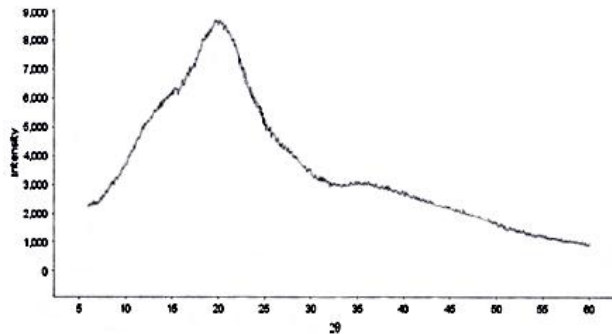
Berbeda pada konsentrasi asam 5, 7, 9, dan 11% (v/v) dimana beberapa bilangan gelombang yang khas pada selulosa hilang seperti pada bilangan gelombang disekitar $1282\text{ - }1035\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus eter (C-O) sebagai gugus penghubung antara rantai karbon pada senyawa selulosa. Hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi asam diatas 5% terjadi hidrolisis selulosa menjadi monomernya.

Identifikasi Selulosa Hasil Ekstraksi Dari Serbuk Kayu dengan Spektrofotometer XRD

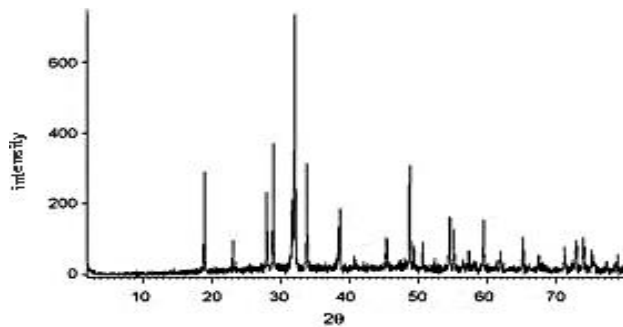
Difraktogram XRD selulosa hasil pemisahan dari serbuk kayu pada Gambar 3. Menunjukkan bahwa selulosa hasil pemisahan dari serbuk kayu merupakan selulosa berbentuk amorf dan bukan merupakan kristalin jika dibandingkan dengan selulosa standar pada Gambar 4 dan 5. Hal ini terlihat bahwa pola XRD selulosa hasil pemisahan memiliki difraksi yang melebar dari $2\theta\ 0\text{-}20^\circ$.



Gambar 3. Pola XRD selulosa hasil ekstraksi dari serbuk kayu



Gambar 4. Pola XRD selulosa standar (amorf)

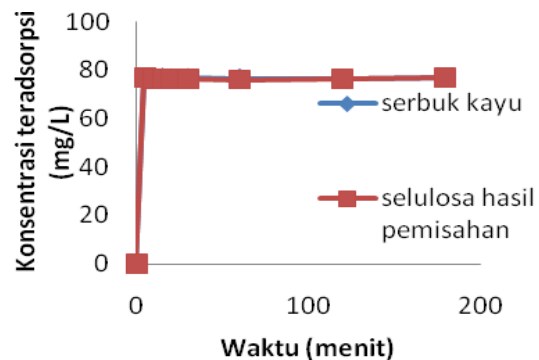


Gambar 5. Pola XRD selulosa standar (kristalin)

Pengaruh Waktu Interaksi Ion Logam Mn^{2+} dengan Selulosa

Pengaruh waktu adsorpsi terhadap adsorpsi ion logam Mn^{2+} dilakukan dengan menginteraksikan 0,1 g adsorben dengan 10 mL larutan ion logam Mn^{2+} dengan memvariasikan waktu adsorpsi mulai dari 5 menit sampai dengan 180 menit. Waktu kesetimbangan interaksi perlu ditentukan untuk mengetahui interaksi optimum

ion logam Mn^{2+} pada selulosa hasil pemisahan serbuk kayu hasil pengasaman dari konsentrasi 5% (v/v) dan serbuk kayu sebagai kontrol. Terjadinya kesetimbangan ditandai dengan tidak adanya perubahan konsentrasi ion logam Mn^{2+} dan baik pada permukaan selulosa dan pada serbuk kayu maupun dalam larutan. Menurut Cheremisinof (1987) waktu kontak antara ion logam dengan adsorben sangat mempengaruhi daya serap. Semakin lama waktu kontak maka penyerapan juga akan meningkat sampai pada waktu tertentu akan mencapai maksimum dan setelah itu akan turun kembali. Hasil pengamatan pengaruh waktu interaksi ion Logam Mn^{2+} dengan selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaruh waktu interaksi ion logam Mn^{2+} dengan selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu

Terlihat bahwa terjadi kesetimbangan interaksi ion logam Mn^{2+} dengan serbuk kayu pada waktu 20 menit hal yang sama pada interaksi antara Mn^{2+} dengan selulosa hasil pemisahan dengan pola adsorpsi keduanya dengan ion logam Mn^{2+} berhimpit dan mengalami kenaikan hingga menit ke-180 sampai terjadi kesetimbangan pada saat gugus aktif adsorben selulosa telah jenuh mengikat ion logam. Konstanta laju adsorpsi ion logam Mn^{2+} pada selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu menggunakan persamaan Langmuir Hinshelwood. Data konstanta laju adsorpsi ion logam Mn^{2+} pada selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu tersaji pada Tabel 1.

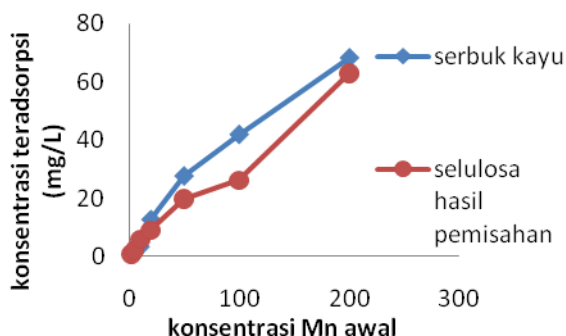
Tabel 1. Data konstanta laju adsorpsi ion logam Mn^{2+}

Adsorben	Konstanta laju
Selulosa hasil pemisahan	0,0002
Serbuk kayu	8E-05

Pada Tabel 1 terlihat bahwa konstanta laju adsorben pada ion logam Mn^{2+} lebih besar pada selulosa hasil pemisahan dibandingkan dengan serbuk kayu. Hal ini dimungkinkan karena selulosa dan serbuk kayu memiliki reaktifitas yang berbeda dengan lebih terbukanya gugus -OH pada selusosa.

Pengaruh Konsentrasi Interaksi Ion Logam Mn^{2+} Dengan Selulosa

Untuk menentukan kapasitas interaksi ion logam Mn^{2+} pada selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu maka dilakukan interaksi antara selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu dengan ion logam Mn^{2+} dengan berbagai variasi konsentrasi ion logam terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi pada interaksi ion logam Mn^{2+} dengan selulosa hasil ekstraksi dan serbuk kayu

Terlihat bahwa konsentrasi ion logam Mn^{2+} terus meningkat sejalan dengan bertambahnya konsentrasi pada larutan ion logam Mn^{2+} . Hal ini dimungkinkan terjadi karena terdapat beberapa gugus adsorpsi yang memiliki gugus aktif sebanding dengan luas adsorben. Ketika gugus aktif adsorben telah jenuh, maka peningkatan konsentrasi adsorbat akan menurun namun jika pada saat keadaan gugus aktif adsorben belum jenuh oleh adsorbat, maka peningkatan konsentrasi adsorbat akan meningkatkan jumlah adsorbat yang teradsorpsi (Oscik, 1982).

Peningkatan jumlah ion logam Mn^{2+} yang terikat disebabkan karena ion logam yang terikat dengan gugus aktif selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu bertambah banyak sehingga jumlah ion logam yang teradsorpsi sebanding dengan jumlah gugus aktif pada adsorben. Hal ini sesuai dengan teori tumbukan yang menjelaskan bahwa suatu reaksi terjadi jika partikel-partikel reaktan bertumbukan satu sama lain. Peningkatan konsentrasi reaktan akan menyebabkan jumlah tumbukan total meningkat sehingga kemungkinan pembentukan molekul produk semakin meningkat (Walfe, 1984).

Kapasitas adsorpsi dan konstanta kesetimbangan adsorpsi masing-masing dapat ditentukan dari persamaan slope dan intersept menggunakan data interaksi ion logam dengan selulosa pada berbagai konsentrasi ion logam. Energi total adsorpsi per mol dapat dihitung dari harga konstanta kesetimbangan adsorpsi, selengkapnya tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Data kapasitas adsorpsi, konstanta kesetimbangan adsorpsi dan energi adsorpsi ion logam Mn^{2+} pada selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu

Adsorben	Parameter		Energi (kJ/mol)
	a (mol/g)	K	
Selulosa hasil pemisahan	$2,38 \cdot 10^{-4}$	36681,2	26,2
Serbuk kayu	$1,69 \cdot 10^{-4}$	101899,8	28,8

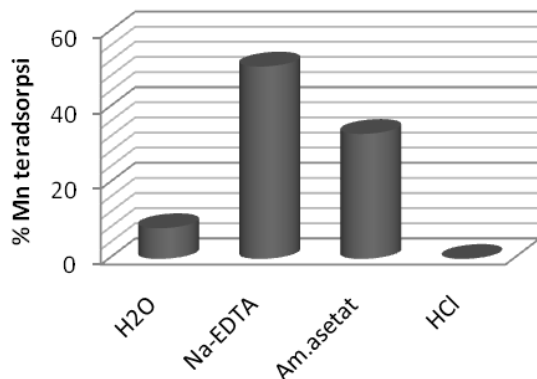
Pada Tabel 2 terlihat bahwa ion logam Mn^{2+} memiliki energi yang rendah untuk selulosa hasil pemisahan yakni 26,21 kJ/mol. dibandingkan dengan interaksi ion logam Mn^{2+} dengan serbuk kayu. Untuk kapasitas adsorpsi antara selulosa hasil pemisahan dengan serbuk kayu pada ion logam Mn^{2+} terlihat bahwa selulosa hasil pemisahan memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih besar dibandingkan dengan serbuk kayu.

Dalam adsorpsi kimia molekul adsorbat dan adsorben membentuk sistem homogen, sedangkan dalam adsorpsi fisika dapat dianggap sebagai dua sistem individu. Adsorpsi fisika memiliki energi yang rendah yakni kurang dari 20 kJ/mol, sedangkan adsorpsi kimia memiliki energi adsorpsi lebih besar dari 20 kJ/mol (Adamson, 1990) sehingga dapat dikatakan bahwa adsorpsi

yang terjadi pada penelitian ini merupakan adsorpsi kimia.

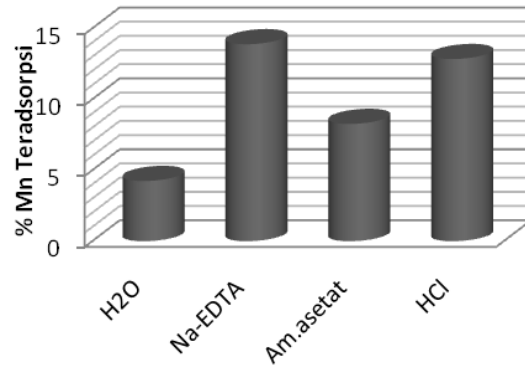
Penentuan Jenis Interaksi Melalui Studi Desorpsi

Proses desorpsi dilakukan secara terpisah dengan menggunakan reagen pendesorpt yakni H₂O, Na-EDTA, Amonium asetat dan HCl. Air digunakan sebagai pendesorpt yang mampu melepas ion logam yang terjebak dalam material selulosa hasil pemisahan, sehingga mekanisme yang terjadi ialah mekanisme penjebakan. Reagen pendesorpsi HCl akan membuktikan terjadinya reaksi asam basa. Reagen pendesorpt amonium asetat digunakan untuk membuktikan adanya mekanisme pertukaran ion logam dalam proses adsorpsi karena amonium merupakan penukar kation yang kuat untuk berbagai ion logam. Sedangkan larutan Na-EDTA digunakan sebagai zat pendesorpt dikarenakan EDTA merupakan ligan yang sangat kuat sehingga dapat membentuk kompleks dalam proses adsorpsi logam-ligan.



Gambar 8. Desorpsi ion logam Mn²⁺ pada adsorben selulosa hasil ekstraksi

Proses diatas dilakukan untuk mengetahui jenis interaksi antara ikatan ion logam Mn²⁺ pada selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu dapat dilakukan dengan proses desorpsi. Data yang telah diperoleh berupa persentase ion logam terdesorpsi yang dapat dibandingkan untuk menentukan jenis ikatan yang terjadi pada interaksi ion logam Mn²⁺ dengan selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu.



Gambar 9. Desorpsi ion logam Mn²⁺ pada adsorben serbuk kayu

Hasil penelitian desorpsi terpisah ion logam Mn²⁺ pada Gambar 8 dan 9 yang telah diadsorpsi dengan selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu memperlihatkan bahwa reagen pendesorpsi EDTA memiliki persentase teradsorpsi lebih besar untuk ion logam Mn²⁺ pada selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi pada ion logam Mn²⁺ pada serbuk kayu di dominasi oleh mekanisme pembentukan kompleks dimana ion logam terikat kuat oleh ligan yang berada pada adsorben selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan bahwa pola XRD adsorben selulosa hasil pemisahan menunjukkan selulosa yang berbentuk amorf. Pemisahan selulosa dari serbuk kayu dan pengasaman menggunakan HCl pada konsentrasi optimum yakni 5% (v/v). Energi adsorpsi ion logam Mn²⁺ pada selulosa hasil pemisahan dan serbuk kayu yakni sebesar 26,10 kJ/mol. Interaksi adsorpsi yang terjadi pada ion logam Mn²⁺ dengan adsorben selulosa hasil pemisahan menunjukkan keterlibatan pembentukan kompleks pada proses adsorpsi ion logam Mn²⁺.

Saran

Perlu di pelajari interaksi antara selulosa dengan ion logam lainnya serta analisis morfologi adsorben menggunakan SEM untuk mengetahui interaksi antara adsorben dan adsorbat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dikti untuk pendanaan penelitian ini melalui sekema Hibah Penelitian Fundamental melalui dana desentralisasi DP2M Dikti tahun 2013, serta kepada rekan sejawat dan mahasiswa yang terlibat dalam proyek penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.W., 1990, *Physical Chemistry of Surface*, 4nd ed., John Wiley and Sons, New York
- Cheremenisoff, O. N., 1987, *Carbon Adsorption Hand Book*, Science Publisher Inc, Michigan, USA
- Lenihan, P., 2009, Dilute Acid Hidrolysis of Lignocellulosic Biomass, *Journal Chemical Engieneering*, 156 : 359-403
- O'Connell, D.W., Brikshaw, C., and O'Dwyer, T.F., 2008, Heavy Metal Adsorbents Prepared From The Modification of Cellulose, *Journal Bioresource Technology*, 99 (6711)
- Oscik, 1982, *Adsorption*, Ellis Horwood Limited, England
- Sjostrom Eero, 1998, *Kimia Kayu Dasar-dasar dan Penggunaan*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Sukarta, I Nyoman, 2008, *Adsorpsi Ion Cr³⁺ Oleh Serbuk Gergaji Kayu Albizia (Albizzia falcata): Studi Pengembangan Bahan Alternatif Penjerap Limbah Logam Berat*, Hasil Penelitian, Tesis Departemen Kimia Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Tatsuko, H., 1989, *Structure And Properties Of The Amorphous Region Of Cellulose dalam Cellulose Structural And Functional Aspects*, Ellis Horwood, USA
- Walfe, D.H., 1984, *Chemistry Introduce To College*, MC. Graw Hill Book Compars, USA