

Penentuan Massa dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben Logam Berat Pb

Riki Irwandi, Silvia Reni Yenti, Chairul

Jurusan S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293
Telp. (0761) 63266 Fax. (0761) 63279, 65593

Email : irwandidiriki@gmail.com

ABSTRACT

Bagasse is one of the agricultural or industrial waste that can pollute the environment. One effort to improve the economic value of the bagasse can be done with the process into activated carbon. This study aimed to examine the mass effect of activated carbone and the time contact of the bagasse activated carbon adsorption used for heavy metal Pb adsorbent, and to study the characteristics of the activated carbon produced, among others, ash content and moisture content. This research was conducted in three phases were the raw material preparation, the manufacture of activated carbon, and the adsorption of Pb in PbSO₄ solution. Variations in the mass carbone used in this study were 1; 2; and 3 gram. As for the time variation adsorption used were 30; 60; 90; and 120 minutes. Percent adsorption is best obtained when the mass of activated carbone of 3 grams and the optimum time contact of 90 minutes is equal to 94,15 %.

Keywords: *adsorbent, bagasse, activated carbone, mass of activated carbone, adsorption time*

1. PENDAHULUAN

Tebu (*saccharum officinarum*) merupakan tanaman perkebunan semusim. Tebu termasuk ke dalam family gramineae atau lebih dikenal sebagai kelompok rumputan-rumputan. Tebu tumbuh di dataran rendah daerah tropika dan dapat tumbuh juga disebagian daerah sub tropika atau daerah-daerah sampai 1400 meter di atas permukaan laut. Tebu bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula pasir. Dari satu pabrik dihasilkan ampas tebu sekitar 35-40% dari berat tebu yang digiling (J.A. Witono, 2003).

Secara kimiawi, komponen utama penyusun ampas tebu adalah serat yang didalamnya terkandung gugus selulosa,

poliosa seperti hemiselulosa, lignoselulosa dan lignin (Santosa dkk., 2003). Dari kandungan senyawa tersebut ampas tebu dapat diolah menjadi produk lain seperti karbon aktif. Dari penelitian yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa biomaterial mengandung gugus fungsi antara lain karboksil, amino, sulfat, polisakarida, lignin dan sulfhidril mempunyai kemampuan penyerapan yang baik (Volesky, 2004). Karbon aktif dapat digunakan sebagai penyerapan logam salah satunya logam Pb.

Logam Pb adalah logam beracun yang dapat terakumulasi dalam organ tubuh manusia dan hewan. Kumulatif dari pengaruh racun adalah menghancurkan

jaringan tubuh yang serius. Logam Pb merupakan logam yang yang dapat merusak sistem syaraf jika terakumulasi dalam jaringan halus dan tulang untuk waktu yang lama. Logam Pb mudah dimurnikan sehingga banyak digunakan oleh manusia pada berbagai kegiatan. Pencemaran lingkungan oleh logam Pb kebanyakan berasal dari aktifitas manusia yang mengekstraksi dan mengeksploitasi logam tersebut. Aktivitas manusia itu seperti transportasi, pelabuhan, kegiatan industri, dan pemukiman penduduk padat yang menghasilkan limbah logam berat (Setiadi, 2007). Contohnya pada area sekitar perairan sungai siak - Pekanbaru yang memiliki aktivitas yang sangat banyak sehingga logam Pb yang terkandung juga akan semakin meningkat. Dari data analisis pada tahun 2012 yang dilakukan oleh program studi ilmu lingkungan PPS Univesitas Riau, bahwa kandungan logam Pb yang terdapat di perairan tersebut melebihi dari nilai ambang batas yang diizinkan yaitu sekitar 0,06 mg/l. Adapun kadar logam Pb pada air baku yang diizinkan menurut Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2011 adalah 0,03 mg/L, sedangkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 tahun 2004 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri, kadar maksimum logam Pb dalam limbah cair adalah 0,1 mg/L, sehingga diperlukan teknik pengolahan untuk mengurangi kadar Pb yang melebihi dari kadar yang diizinkan tersebut.

Beberapa metode atau teknik pengolahan untuk menghilangkan logam Pb dari perairan telah banyak dilakukan dengan proses secara fisika dan kimia yang meliputi presipitasi, koagulasi dan pertukaran ion, tetapi metode-metode tersebut masih mahal terutama bagi negara-negara yang sedang berkembang. Diantara proses-proses yang telah ada, proses yang paling banyak digunakan

untuk menangani masalah dalam pengolahan limbah logam terutama dalam hal ini adalah logam Pb yaitu dengan proses atau metode adsorpsi. Metode adsorpsi adalah salah satu metode alternatif yang potensial karena proses yang relatif sederhana, dapat bekerja pada konsentrasi rendah, dapat didaur ulang dan biaya yang dibutuhkan juga relatif murah. Proses adsorpsi merupakan salah satu teknik pemurnian dan pemisahan yang efektif yang dipakai dalam industri karena dianggap lebih ekonomis dalam pengolahan air dan limbah (Al-Asheh *et al.*, 2000) dan merupakan teknik yang sering digunakan untuk mengurangi ion logam dalam air dan limbah (Selvi *et al.*, 2001).

Kandungan logam Pb yang melebihi dari ambang batas berisiko mengalami gangguan kesehatan seperti gangguan pada jaringan tubuh. Oleh sebab itu, diperlukan teknik pengolahan yang efektif untuk menurunkan kadar Pb tersebut. Penggunaan teknik adsorpsi merupakan langkah yang tepat guna dalam menangani masalah tersebut sehingga membutuhkan adsorben yang efektif dalam menurunkan kadar logam Pb berlebih. Secara umum adsorben dapat dikatakan murah apabila hanya memerlukan sedikit proses, bahannya banyak terdapat dan merupakan hasil samping atau limbah dari industri (Arifin, 2003). Salah satu material yang digunakan adalah ampas tebu yang merupakan hasil limbah dari industri gula atau pembuatan minuman dari air tebu yang belum termanfaatkan secara optimal sehingga membawa masalah tersendiri bagi industri gula maupun lingkungan karena dianggap sebagai limbah. Sehingga dengan menggunakan ampas tebu sebagai adsorben dapat memberikan nilai tambah tersendiri bagi limbah ampas tebu, dan mengurangi pencemaran lingkungan.

Proses adsorpsi terhadap logam terutama logam Pb telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya Sudibandriyo (2011), Asbahani (2013) dan Nurhasni dkk (2014). Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa ampas tebu lebih bernilai ekonomi dibandingkan dijadikan sebagai pakan ternak.

Sudibandriyo (2011), telah melakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari ampas tebu dengan aktivasi kimia menggunakan KOH dan $ZnCl_2$ dengan rasio perbandingan aktivator dengan massa karbon 1:1; 2:1 ;3:1. Aktivasi dilakukan selama 1 jam pada suhu 700 °C. Diperoleh hasil penelitian dengan luas permukaan tertinggi sebesar 938,2 $m^2/gram$ dengan aktivasi menggunakan KOH dengan perbandingan aktivator dengan massa karbon aktif 3:1.

Asbahani (2013)], telah melakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah ampas tebu dengan proses karbon aktif untuk menurunkan kadar logam Fe yang terdapat pada air sumur dengan proses karbonisasi pada suhu 320 °C selama 2 jam. Penelitian ini memvariasikan massa karbon aktif sebanyak 0,5, 1, 1,5 dan 2 gram pada sistem batch dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Didapatkan penyerapan logam Fe dengan efisiensi sebesar 90,32% pada waktu 90 menit dengan massa karbon 2 gram.

Nurhasni dkk (2014), melakukan penelitian dengan memanfaatkan sekam padi menjadi karbon aktif untuk menurunkan kadar logam timbal dan tembaga dalam air limbah. Penelitian ini memvariasikan massa sekam padi, pH logam Cu dan Pb serta konsentrasi ion logam Cu dan Pb. Didapatkan kondisi optimum dengan parameter massa sekam padi 0,5 dengan konsentrasi larutan ion logam pH 6 pada konsentrasi 20 ppm

serta lama pemanasan 3 jam sebesar 99,38%.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, penggunaan karbon aktif dari ampas tebu dilakukan pada penyerapan logam Fe, sedangkan untuk penyerapan logam Pb hanya dilakukan dengan menggunakan karbon aktif dari sekam padi. Untuk itu, pada penelitian ini peneliti akan menggunakan limbah ampas tebu sebagai adsorben yang dijadikan karbon aktif sebagai penyerap logam Pb dengan proses karbonisasi pada suhu 320 °C dan diaktivasi menggunakan KOH 3:1 pada suhu 200 °C. Untuk variabel bebas peneliti memilih untuk memvariasikan massa karbon aktif sebanyak 1; 2; dan 3 gram dengan waktu adsorpsi 30; 60; 90; dan 120 menit. Penelitian ini menggunakan metode statis serta penyerapan logam Pb dengan menggunakan SSA.

2. METODOLOGI PENELITIAN

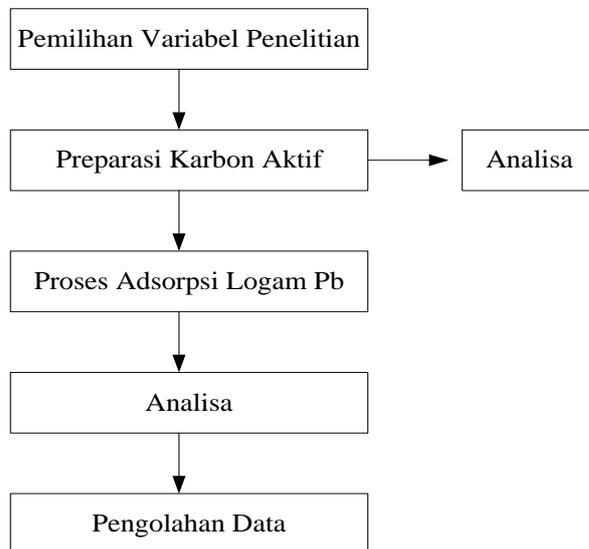
2.1 Alat dan Bahan

Pembuatan karbon aktif ini menggunakan ampas tebu sebagai bahan baku. Ampas tebu ini diambil dari limbah penjualan air tebu di daerah Pekanbaru. Bahan-bahan lainnya yang digunakan meliputi KOH 3:1 sebagai aktivator karbon aktif, larutan standart Pb dan aquadest.

Percobaan pembuatan karbon aktif dilakukan dalam sebuah reaktor pirolisis. Alat-alat pendukung penelitian ini adalah gelas ukur, stopwatch, neraca digital, cawan petri, pipet tetes, oven, ayakan, kertas saring whatman, shaker, furnace, dan peralatan SSA.

Tahap-tahap prosedur penelitian adalah penentuan variabel penelitian, pembuatan karbon aktif, analisa karbon aktif, proses adsorpsi logam Pb, analisa hasil dan pengolahan data. Tahapan prosedur

penelitian ditampilkan pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 1 Tahapan Prosedur Penelitian

Variabel tetap yang dipilih pada penelitian ini adalah dengan kecepatan pengadukan 100 rpm serta temperatur karbonasi pada bahan baku 320 °C selama 2 jam (Asbahani, 2013), serta penambahan KOH 3:1 sebagai aktivator karbon pada suhu 200 °C selama 1 jam (Shofa,2008). Sedangkan pemilihan variabel proses yang akan dipelajari pada penelitian ini dilakukan pada kondisi massa karbon 1; 2; dan 3 gram dan waktu adsorpsi : 30; 60; 90; dan 120 menit.

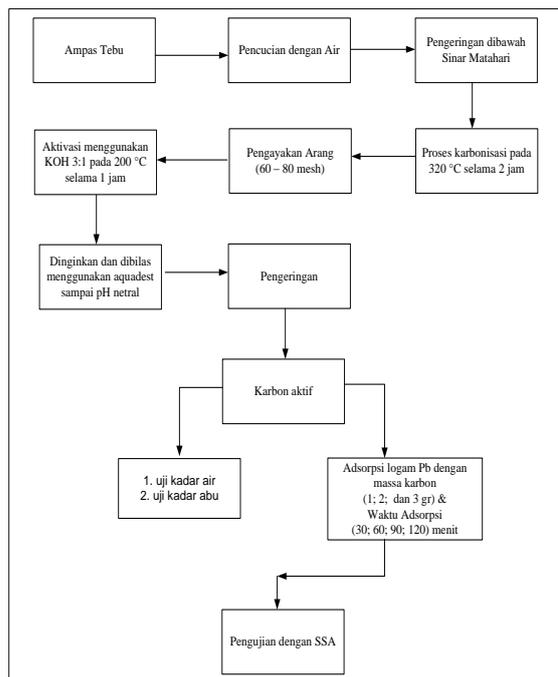
2.2 Preparasi Karbon Aktif

Bahan baku karbon aktif didapat dari sisa penjualan pedagang air tebu yang berada di sekitar Pekanbaru. Dalam persiapan bahan baku, dilakukan pencucian terlebih dahulu pada ampas tebu untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada bahan baku. Bahan baku dipotong kecil-kecil ± 3 cm kemudian di keringkan dibawah sinar matahari selama satu hari. Ampas tebu yang telah dikeringkan kemudian dijadikan sebagai bahan baku karbon aktif dengan proses

karbonisasi pada temperatur 320°C selama 2 jam (Asbahani,2013). Setelah proses karbonisasi selesai, arang dari ampas tebu tersebut didinginkan dan kemudian diayak menggunakan saringan yang berukuran 60-80 mesh (yang lolos pada ukuran 60 mesh dan tertahan di ukuran 80 mesh). Arang tersebut kemudian diaktivasi menggunakan KOH 3:1. Aktivasi dilakukan pada temperatur 200 °C selama 1 jam menggunakan furnace dengan penambahan KOH 3:1. Setelah proses aktivasi selesai, karbon aktif tersebut disaring dan dibilas menggunakan aquadest sampai pH netral, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105 °C yang berfungsi untuk menghilangkan kadar air yang terkandung pada bahan tersebut.

2.3 Adsorpsi Logam Pb

Buat larutan Pb dengan konsentrasi awal 10 ppm menggunakan PbSO₄, kemudian setelah kadar logam Pb diketahui, lakukan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif dari ampas tebu yang telah diaktivasi sebelumnya. Proses adsorpsi dilakukan pada temperatur ruangan menggunakan shaker dengan kecepatan pengadukan 100 rpm pada variasi massa karbon aktif. Proses adsorpsi dilakukan selama 30; 60; 90; dan 120 menit. Setelah proses adsorpsi selesai, kemudian disaring menggunakan kertas saring. Filtrat hasil penyaringan kemudian diukur kadar Pb yang terlarut dengan menggunakan instrumen SSA.



Gambar 2 Diagram Alir Proses Penyisihan Logam Pb Menggunakan Karbon Aktif dari Ampas Tebu

2.4 Analisa kadar air (SNI 06-3730-1995)

Mengeringkan cawan porselen dalam oven pada temperatur 105 °C selama 15 menit, kemudian didiamkan dalam desikator dan ditimbang beratnya. Selanjutnya ditambahkan ± 2 gr sampel dalam cawan, ditimbang berat awal kemudian dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 105 °C. Setelah itu, sampel dikeluarkan dari oven kemudian didiamkan dalam desikator dan setelah dingin ditimbang. Perlakuan ini dilakukan sampai memperoleh bobot konstan.

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan :

W1 : Bobot Cawan dan sampel sebelum dikeringkan (gram)

W2 : Bobon Cawan dan sampel setelah dikeringkan (gram)

W0 : Bobot Cawan Kosong (gram)

2.5 Analisa kadar abu (SNI 06-3730-1995)

Mengeringkan cawan porselen dalam oven pada temperatur 105 °C selama 15 menit kemudian didiamkan dalam desikator dan menimbang beratnya. Setelah itu memasukkan ± 2 gr sampel dalam cawan, ditimbang berat awal kemudian dipijarkan dalam furnace dengan suhu ± 550 °C sampai diperoleh abu dengan warna keputih-putihan. Selanjutnya keluarkan sampel dari furnace dan didiamkan dalam desikator. Setelah dingin, timbang beratnya sampai diperoleh bobot konstan.

Perhitungan :

$$\text{Kadar Abu} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan :

W1 : Bobot Cawan dan sampel sebelum dikeringkan (gram)

W2 : Bobon Cawan dan sampel setelah dikeringkan (gram)

W0 : Bobot Cawan Kosong (gram)

2.6 Analisa Konsentrasi Logam Pb dengan SSA

- Mengoptimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat
- Mengukur masing-masing larutan standar yang telah dibuat pada panjang gelombang 283,3 nm sehingga nilai absorbansinya akan terlihat.
- Buat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi
- Dilanjutkandengan pengukuran contoh uji yang sudah dipersiapkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa karbon aktif dari ampas tebu dengan menggunakan aktivator KOH 3:1 telah memenuhi beberapa syarat standar kualitas Karbon Aktif menurut SNI 06-3730-1995. Hasil analisis karbon

aktif ampas tebu ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Kualitas Karbon Aktif Penelitian

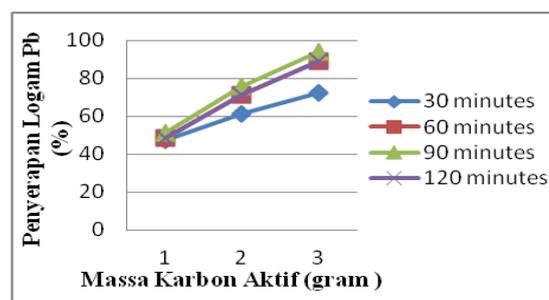
No	Uraian (%)	Prasyarat kualitas	Hasil analisis
1	Kadar air	Max. 15	13,73 %
2	Kadar abu	Max. 10	5,62 %

Penetapan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif. Kadar air hasil penelitian ini didapat sebesar 13,73 %, kadar air ini telah memenuhi standar kualitas karbon aktif berdasarkan SNI No. 06-3730-1995 yaitu maksimum 15 % untuk karbon aktif berbentuk serbuk. Kadar air yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan air yang terikat pada bahan baku yang dikarbonasi lebih dahulu keluar sebelum diadsorpsi. Kadar air yang sedikit akan meningkatkan kemampuan karbon aktif karena meningkatkan daya serap terhadap cairan, dengan semakin kecil molekul air dalam karbon aktif maka halangan molekul lain untuk masuk akan semakin kecil (Pari, 1996).

Pada penentuan kadar abu karbon aktif dilakukan untuk mengetahui kandungan oksida logam atau kandungan bahan anorganik dalam karbon aktif. Kadar abu pada penelitian ini adalah sebesar 5,62 %. Hasil ini telah memenuhi standar baku kualitas karbon aktif berdasarkan SNI No. 06-3730-1995 yaitu maksimum 10%. Data ini menunjukkan bahwa kandungan bahan anorganik yang ada di dalam karbon aktif terdapat dalam jumlah yang kecil.

3.1 Pengaruh Massa Terhadap Daya Serap Karbon Aktif pada Logam Pb Proses penyerapan logam Pb dengan

menggunakan absorben berupa karbon aktif dari ampas tebu dilakukan dengan variasi massa adsorben 1; 2; dan 3 gram dengan waktu kontak 30; 60; 90; dan 120 menit dan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik Hubungan antara Massa terhadap Daya Serap Karbon Aktif pada Logam Pb

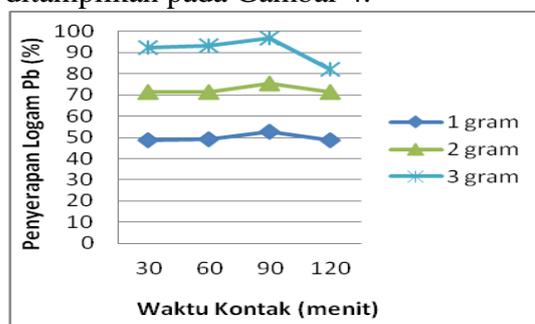
Dari Gambar 3 diketahui bahwa terjadi penurunan konsentrasi logam Pb setelah dikontakkan dengan karbon aktif dari ampas tebu dengan variasi massa karbon aktif, hal ini ditandai dengan terjadinya kenaikan efisiensi penyerapan seiring bertambahnya massa karbon yang digunakan. Pada massa karbon aktif 1 gram menghasilkan efisiensi penyerapan terhadap logam Pb sebesar 51,26%, untuk massa karbon aktif 2 gram menghasilkan efisiensi penyerapan sebesar 75,73% dan sedangkan untuk massa karbon aktif 3 gram menghasilkan efisiensi penyerapan logam Pb sebesar 94,15%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya massa karbon aktif yang digunakan maka daya serap terhadap logam Pb yang dihasilkan juga semakin meningkat.

Menurut Wijayanti (2009) menyatakan bahwa pada saat adanya peningkatan massa karbon aktif maka ada peningkatan persentase penyerapan terhadap logam yang diserap, pemilihan massa karbon aktif terbaik dapat dilihat dari kemampuan karbon aktif untuk menurunkan konsentrasi logam dalam sampel.

Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa massa karbon aktif yang paling baik pada penelitian ini adalah 3 gram jika dibandingkan dengan massa karbon aktif 1 gram dan 2 gram dengan efisiensi penyerapan mencapai 94,15%.

3.2 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Daya Serap Karbon Aktif pada Logam Pb

Pengaruh waktu kontak terhadap daya serap karbon aktif pada logam Pb dengan variasi waktu 30; 60; 90; dan 120 menit pada massa karbon aktif 1; 2; dan 3 ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Daya Serap Karbon Aktif pada Logam Pb

Dari Gambar 4. dapat dilihat bahwa pada massa karbon aktif 1; 2; dan 3 gram dengan waktu kontak 30; 60; 90; dan 120 menit menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak antara karbon aktif dengan logam Pb, maka akan meningkatkan daya serap karbon aktif terhadap logam Pb yang dihasilkan. Akan tetapi pada waktu kontak 120 menit terjadi penurunan daya serap karbon aktif pada logam tersebut, hal ini disebabkan karena jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel karbon aktif yang tersedia sehingga karbon aktif akan mencapai titik jenuh dan daya serap pun menjadi menurun (Refilda dkk, 2001). Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa waktu kontak optimum

terjadi pada waktu 90 menit dan massa karbon aktif 3 gram dengan efisiensi penyerapannya sebesar 94,15 %.

Menurut Wijayanti (2009) bila permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh terhadap adsorbat, maka akan terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang telah terikat di permukaan, gejala ini disebut adsorpsi multilayer, sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi keluar pori dan kembali ke arus fluida.

Menurut Sulistyawati (2008) menyatakan bahwa kapasitas adsorpsi berbanding lurus dengan waktu sampai pada titik tertentu, kemudian mengalami penurunan setelah melewati titik tersebut. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak kesempatan partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan logam yang terikat di dalam pori-pori karbon aktif sampai waktu kontak yang diperlukan cukup untuk dapat mengadsorpsi logam Pb secara optimal. Kemampuan penyerapan dari karbon aktif dimungkinkan karena proses desorpsi atau pelepasan adsorbat kembali selama pengadukan. Desorpsi terjadi akibat permukaan adsorben yang telah jenuh. Pada keadaan jenuh, laju adsorpsi menjadi berkurang sehingga waktu kontak tidak lagi berpengaruh

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Dari hasil penelitian yang diperoleh, diketahui bahwa ampas tebu dapat digunakan pada proses adsorpsi karena mempunyai karakteristik fisik dan karakteristik kimia yang dapat digunakan sebagai adsorben dengan kadar air 13,73 %, dan kadar abu 5,62%.

- b. Pengaruh massa adsorben terhadap daya serap karbon aktif pada logam Pb menunjukkan bahwa semakin besar massa adsorben maka semakin besar daya serap karbon aktif terhadap logam Pb yang dihasilkan.
- c. Pengaruh waktu kontak terhadap daya serap karbon aktif pada logam Pb adalah semakin lama waktu kontak antara karbon aktif dengan logam Pb maka semakin besar daya serap yang dihasilkan sampai waktu kontak yang diperlukan cukup untuk dapat mengadsorpsi logam Pb secara optimal.
- a. Kondisi terbaik dicapai pada massa karbon aktif 3 gram dengan waktu kontak optimum 90 menit dengan efisiensi penyerapannya sebesar 94,15 %.

Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya, massa karbon aktif ampas tebu yang digunakan lebih ditingkatkan lagi, diharapkan hasil penyerapannya lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Asheh, S., F. Banat., R. Al Omari and Z. Duvnjak. 2000. *Prediction of Binary Sorption Isotherm for The Sorption of Heavy Metal by Pine bark Using Single Isotherm Data*. Chemosphere. Vol 41 : 659-665.
- Anonim, 1995, *Adsorpsi*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Arifin, B. 2003. *Suatu Tinjauan Adsorben Murah Untuk menghilangkan Logam Berat*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. Hal: 38-44.
- Asbahani. 2013. *Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur*. Jurnal Teknik Sipil UNTAN. Vol 13.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran : Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI Press, Jakarta.
- Darmono. 2008. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Jakarta: Universitas Indonesia Press
- J.A Witono. *Produksi Furfural dan Turunannya : Alternative Peningkatan Nilai Tambah Ampas Tebu Indonesia (Sebuah Wacana Bagi Pengembangan Industri Berbasis Limbah Pertanian)*.
- Pari G. 1996. *Kualitas Arang Aktif dari 5 Jenis Kayu*. Buletin Penelitian Hasil Hutan 14, 60-68.
- Refilda., Rahmiana Zein., Rahmayeni, 2001, *Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Penyerap Sintetik Logam-logam Berat Pada Air Limbah*, Skripsi., Padang: Universitas Andalas.
- Santosa, S.J., Jumina dan Sri S. 2003. *Sintesis Membran Bio Urai Selulosa Asetat dan Adsorben Super Karboksimetil selulosa dari Selulosa Ampas Tebu Limbah Pabrik Gula*. Yogyakarta : FMIPA UGM.
- Selvi, K., Pattabhi S and Kardivelu K. 2001. *Removal of Cr(VI) from Aqueous Solution by Adsorption Onto Activated Carbon*. *Bioresour Technol*. Vol 80 : 87-89.
- Setiadi, S dan Soeprianto, B. 2007. *Dampak Industri Terhadap Ekosistem Pantai (Studi Kasus Pencemaran Logam Berat dan Akumulasinya dalam Ekosistem Pantai Teluk Jakarta dan Banten*. Laporan Penelitian Perpustakaan UI. Jakarta. (<http://www.digilib.ui.edu/opac/themes/libri2/detail.jsp?id=76408&lokasi=lokal>). Akses Internet 1 Maret 2014.
- Shofa. 2012. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu Dengan Aktivasi KOH*. Skripsi. Depok : FTUI
- Sulistiyawati, S., 2008, *Modifikasi Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Berat Pb(II)*, Institut Pertanian

- Bogor, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Bogor, (Skripsi).
- Volesky B. *Biosorption of Heavy Metal*. <http://lifebiosorption.co.uk>(8 Desember 2013).
- Wijayanti, Ria. 2009. *Arang Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*. FMIPA IPB: Bogor.