

KESETIMBANGAN ADSORPSI LOGAM Cu MENGGUNAKAN KARBON AKTIF DARI AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN

Yudi Astandana¹⁾, Chairul²⁾, Silvia Reni Yenti²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293

ABSTRACT

Bagasse is a by product of the extraction process (pressing) liquid sugar. One of the efforts to control the bagasse is processed into activated carbon. This research aims to study activated carbon manufacturing process of bagasse, study the effect of Cu concentration and temperature of Cu solution on activated carbon from bagasse as and determine of equilibrium models that used at Cu metal adsorption using activated carbon from bagasse. Processing bagasse into activated carbon carbonization process is carried out at a temperature of 320 °C for 2 hours. After that is activated using KOH with comparison of activated carbon to KOH 1:3. As much as 1.5 grams of activated carbon was added to the beaker containing the solution of Cu at various concentration (20 ppm, 30 ppm and 40 ppm), the reaction temperature (40 °C, 50 °C and 60 °C) at a volume of 500 ml solutions. The results showed that activated carbon adsorption for is 97.1%, followed equilibrium models Freundlich isotherm models.

Keywords: Adsorption, Cu Metal, Carbonization, Activated Carbon

1. Pendahuluan

Logam Cu di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Logam Cu termasuk logam berat essensial, jadi meskipun beracun tetapi sangat dibutuhkan manusia dalam jumlah yang kecil. Toksisitas yang dimiliki Cu baru akan bekerja bila telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait. Toksisitas logam tembaga pada manusia, khususnya

anak-anak biasanya terjadi karena tembaga sulfat. Beberapa gejala keracunan tembaga adalah sakit perut, mual, muntah, diare dan beberapa kasus yang parah dapat menyebabkan gagal ginjal dan kematian.

Banyak metoda yang telah dikembangkan untuk menurunkan kadar logam berat dari badan perairan, misalnya metoda pengendapan, evaporasi, elektrokimia, dan menggunakan adsorben berupa resin sintetik. Metode tersebut dianggap kurang efektif karena membutuhkan

biaya yang relatif tinggi (Giequel, 1997).

Dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian telah berfokus pada proses adsorpsi logam berat menggunakan karbon aktif. Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh adsorben terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan adsorben karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan tanpa meresap ke dalam (Atkins, 1999).

Adsorpsi dengan karbon aktif dinilai lebih efektif karena preparasi mudah dan pembiayaan yang lebih ekonomis dibanding metode lainnya karena menggunakan bahan yang relatif murah dan berasal dari alam, bisa didapat dengan mudah, serta mempunyai daya serap tinggi (Lelifajri, 2010). Salah satu material yang dapat dipertimbangkan sebagai adsorben adalah limbah ampas tebu.

Adsorpsi memiliki parameter seperti kesetimbangan. Kesetimbangan memiliki asumsi yang sangat mendasar berupa isoterm langmuir yang menunjukkan bahwa adsorben tersebut monolayer dan isoterm freundlich untuk menunjukkan bahwa adsorben tersebut multilayer.

Apriliani (2010) telah menggunakan arang ampas tebu sebagai adsorben untuk ion logam Cu. Ampas tebu diarangkan pada suhu 250°C hingga menjadi serbuk arang selama 2,5 jam. Kondisi optimum penyerapan logam adalah pada berat ampas tebu 1,5 g, konsentrasi ion logam 20 mg/L, pH ion logam 6, dan lama pemanasan 1,5 jam dengan nilai efisiensi penyerapan sebesar 92,85% dan kapasitas penyerapan sebesar 0,026 mg/g. Syauqiah dkk (2011) menganalisa variasi waktu dan kecepatan pengaduk pada adsorpsi limbah logam berat Fe

dengan arang aktif. Penurunan kadar logam terbesar terlihat pada kecepatan pengadukan 90 rpm dan waktu aduk 60 menit dari 1,48 ppm menjadi 0,24 ppm. Asbahani (2013) melakukan penelitian menggunakan arang aktif dari ampas tebu untuk mengurangi kadar Fe pada air sumur, didapatkan hasil terbaik pada masa karbon aktif 2 gram dengan waktu adsorpsi 90 menit dengan aktivator HCl 0,1 M dengan efisiensi adsorpsi mencapai 90,32%. Ampas tebu di karbonisasi pada temperatur 320°C selama 2 jam. Shofa (2012) membuat karbon aktif dari ampas tebu menggunakan aktivator kalium hidroksida (KOH). Rasio massa karbon aktif dengan KOH yang digunakan yaitu sebesar 1 : 3. Karbon aktif terbaik diperoleh dengan proses pemanasan awal campuran KOH dengan karbon pada suhu 200°C selama 1 jam sebagai tahap pra aktivasi karbon. Aktivasi karbon dilakukan pada suhu 700°C selama $\frac{1}{2}$ jam dan karbonisasi pada suhu 400°C dengan luas permukaan karbon aktif sebesar $1132 \text{ m}^2/\text{gr}$.

Yuwanti, Riha (2013) melakukan penelitian kesetimbangan adsorpsi Pb(II) pada lempung alam diperoleh konsentrasi dan waktu optimum serapan pada suhu 30°C, 40°C, 50°C, 60°C dengan variasi konsentrasi Pb(II) 7 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm dan 50 ppm menunjukkan bahwa waktu kontak optimum yang di dapat 15 menit, konsentrasi 20 ppm suhu 60°C dan berat adsorben 1 gram. Yulis (2012) melakukan penelitian kesetimbangan penyerapan logam Pb(II) dengan menggunakan lempung alam yang telah diaktivasi dengan NaOH diperoleh kesetimbangan adsorpsi 60 menit dengan variasi waktu 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dan 120 menit

diperoleh persentase penyerapan 95,73 % pada konsentrasi Pb(II) 20 ppm. Pada penelitian ini dilakukan adsorpsi logam Cu menggunakan arang aktif dari ampas tebu dengan di karbonisasi pada suhu 320°C selama 2 jam.

2. Metodologi Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas tebu yang diambil disekitar Pekanbaru, KOH, Aquades, CuSO₄.2H₂O. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengayak 60 mesh, stirrer magnetik, gelas kimia,termometer, furnace, oven, pompa vakum, timbangan analitik, dan labu ukur. Variabel tetap dalam penelitian ini berupa volume larutan Cu 0,5 L, kecepatan pengadukan 200 rpm, dan waktu adsorpsi (30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, 180 menit, 210 menit, 240 menit, 270 menit, dan 300 menit) pada penentuan waktu kesetimbangan. Variabel tidak tetap berupa konsentrasi larutan Cu (20; 30; dan 40 ppm dan suhu adsorpsi (40; 50; dan 60 °C).

2.1 Tahap Penelitian

2.1.1 Aktivasi Karbon Aktif Dari Ampas Tebu

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 dikeringkan dibawah sinar matahari selama satu hari. Ampas tebu yang telah dikeringkan kemudian akan dijadikan sebagai bahan baku karbon

Aktivasi arang aktif menggunakan KOH pada suhu 200°C selama 1 jam dengan rasio karbon aktif : KOH adalah sebesar 1 : 3. Pengambilan sampel dilakukan setiap 30 menit selama 5 jam.

aktif pada temperatur 320 °C selama 2 jam (Asbahani,2013). Setelah proses karbonasi selesai, arang dari ampas tebu tersebut didinginkan selama 15 menit menggunakan desikator. Kemudian setelah dingin arang diayak menggunakan saringan berukuran 60-80 mesh. Arang tersebut kemudian diaktivasi menggunakan KOH dengan perbandingan karbon aktif terhadap KOH 1:3 [Shofa, 2012]. Aktivasi dilakukan pada temperatur 200 °C selama 1 jam . Setelah proses aktivasi selesai, karbon aktif tersebut disaring dan dibilas menggunakan aquadest sampai mendekati pH netral, kemudian dikeringkan menggunakan oven sampai bahan tersebut benar-benar kering dan didinginkan kembali menggunakan desikator.

2.1.2 Penentuan Waktu Kesetimbangan

Proses adsorpsi ion Cu(II) menggunakan karbon aktif dari ampas tebu dilakukan secara batch. Untuk penentuan waktu kesetimbangan larutan Cu dengan konsentrasi 20 ppm, 30 ppm dan 40 ppm, suhu reaksi 40 °C, 50 °C dan 60 °C dengan volume 500 ml dimasukan kedalam gelas kimia 1 L, kemudian ditambah jumlah massa karbon aktif 1,5 gram. Campuran diaduk dengan stirrer magnetik dengan kecepatan 200 rpm dengan pengambilan sampel tiap 30 menit selama 5 jam. Setelah itu dipisahkan padatan karbon aktif dengan cairan Cu menggunakan

kertas saring. Konsentrasi Cu ditentukan dengan AAS, selanjutnya daya serap karbon aktif terhadap ion Cu dihitung dengan persamaan berikut :

$$Qe = \frac{Co - Ce}{m} \times V \quad \dots \dots \dots \quad (1-1)$$

Dimana :

Qe = Jumlah adsorbat terserap (mg Cu/gram Karbon Aktif)

$\text{Co} \equiv$ Konsentrasi awal Cu (ppm)

Ce = Konsentrasi awal Cu (ppm)

$m \equiv$ Massa adsorben (gram)

v = Volume larutan (L)

Berdasarkan data yang diperoleh dibuatlah kurva waktu vs daya serap untuk menentukan waktu kesetimbangan ion Cu pada karbon aktif dari ampas tebu.

2.1.3. Penentuan Daya Serap

Setelah ditentukan waktu kesetimbangan larutan Cu dengan variasi konsentrasi 20, 30 dan 40 ppm dan suhu reaksi 40, 50, dan 60 °C dengan volume 500 mL dimasukan kedalam gelas kimia 1 L, kemudian ditambahkan jumlah massa karbon

aktif 1,5 gram. Campuran ini diaduk dengan stirrer magnetik kecepatan 200 rpm dan menggunakan waktu kesetimbangan yang telah diperoleh pada percobaan 3.3.2. Setelah itu dipisahkan padatan karbon aktif dengan cairan Cu. Konsentrasi ion Cu setelah proses adsorpsi ditentukan daya serap karbon aktif menggunakan AAS

2.1.4 Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Untuk penentuan model isoterm adsorpsi ion Cu pada karbon aktif dari ampas tebu, data yang diperoleh pada percobaan 3.3.4 diolah dengan ketentuan adsorpsi isoterm. Pengujian model isoterm adsorpsi Freundlich dilakukan dengan cara pembuatan kurva $\log Q_e$ terhadap C_e , dan pengujian model isoterm Langmuir dilakukan dengan pembuatan kurva $1/Q_e$ terhadap $1/C_e$, pola adsorpsi ditentukan dengan cara membandingkan tingkat kelinieran kurva yang ditunjukkan oleh harga R^2 . Harga R^2 yang dapat diterima adalah $\geq 0,95$ atau $\geq 95\%$ (Kurniaty, 2008).

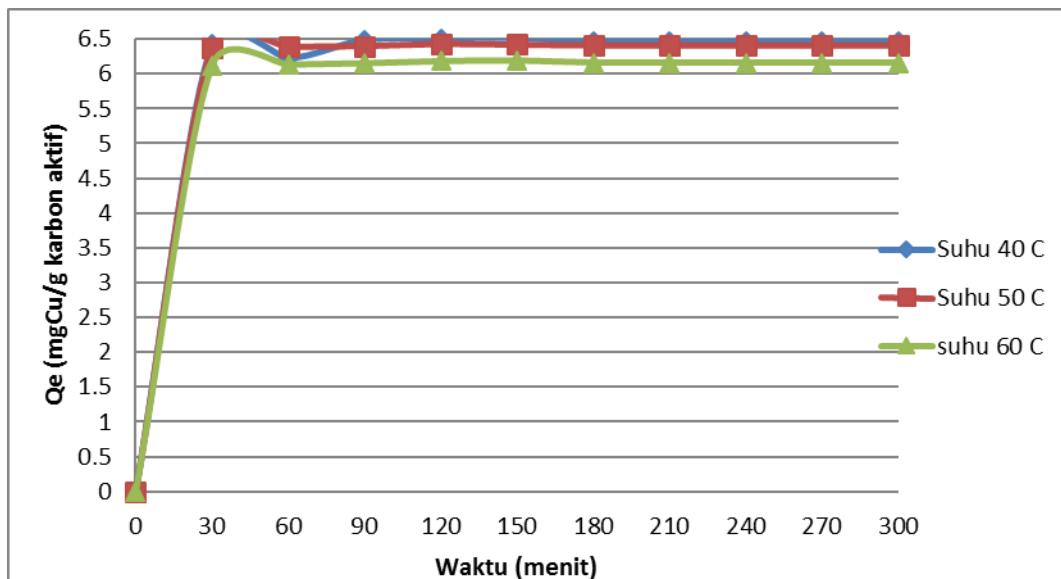
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Waktu Kesetimbangan Penyerapan Logam Cu oleh Karbon Aktif dari Ampas Tebu

Penelitian awal dilakukan untuk menentukan waktu kesetimbangan. Penentuan waktu kesetimbangan bertujuan untuk mendapatkan waktu kesetimbangan penyerapan logam Cu oleh karbon aktif dari ampas tebu.

Tabel 3.1 Penyerapan Logam Cu oleh Karbon Aktif dari Ampas Tebu pada Konsentrasi 20 ppm

Waktu u (menit)	Konsentrasi Cu setelah penyerapan (ppm) pada suhu			Persen Penyerapan (%)			Qe (mgCu/g karbon aktif)		
	40 °C	50 °C	60 °C	40 °C	50 °C	60 °C	40 °C	50 °C	60 °C
0	19,91	91,91	91,91	0	0	0	0	0	0
30	0,73	0,85	1,61	96,35	95,73	91,94	6,42	6,38	6,12
60	0,67	0,83	1,58	96,65	95,83	92,05	6,22	6,39	6,13
90	0,65	0,81	1,54	96,75	95,94	92,27	6,48	6,40	6,15
120	0,63	0,78	1,45	96,85	96,05	92,72	6,50	6,43	6,18
150	0,58	0,71	1,41	97,1	96,44	92,94	6,51	6,42	6,19
180	0,60	0,73	1,51	97	97,34	92,31	6,46	6,41	6,16
210	0,60	0,73	1,51	97	97,34	92,31	6,46	6,41	6,16
240	0,60	0,73	1,51	97	97,34	92,31	6,46	6,41	6,16
270	0,60	0,73	1,51	97	97,34	92,31	6,46	6,41	6,16
300	0,60	0,73	1,51	97	97,34	92,31	6,46	6,41	6,16



Gambar 3.1 Penyerapan Logam Cu oleh Karbon Aktif dari Ampas Tebu pada Konsentrasi 20 ppm

Pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.1 dapat terlihat pada waktu adsorpsi 0 menit sampai 30 menit terjadi kenaikan efisiensi logam Cu yang besar dibandingkan pada waktu adsorpsi selanjutnya. Ini karena pada awal adsorpsi, penyerapan terjadi cepat

karena masih kosongnya pori-pori karbon aktif yang digunakan untuk menyerap logam Cu [Sari, 2009]. Pada waktu berikutnya terjadi peningkatan efisiensi akan tetapi tidak begitu besar dibandingkan pada waktu 30 menit. Hal ini menunjukkan bahwa proses

adsorpsi logam Cu mendekati waktu kesetimbangan. Peningkatan efisiensi ini terjadi sampai waktu 150 menit, setelah itu tidak ada lagi perubahan efisiensi dari proses adsorpsi. Ini menandai bahwa proses adsorpsi logam Cu menggunakan karbon aktif mencapai kesetimbangan. Ditinjau dari kapasitas efisiensi, dapat dilihat efisiensi terbesar adalah 97,1% pada konsentrasi larutan Cu sebesar 20 ppm dan suhu 40 °C.

Tabel 3.2 Hasil Penentuan Adsorpsi Ion Cu pada Karbon Aktif pada Variasi Konsentrasi dan Suhu Adsorpsi pada Kondisi Setimbang

Konsentrasi Larutan Cu sebelum Analisa AAS Sebelum Adsorpsi (ppm)	Konsentrasi Larutan Cu setelah analisa AAS sebelum Adsorpsi (ppm)	Konsentrasi konsentrasi Cu setelah diadsorpsi pada Suhu (ppm)		
		40 °C	50 °C	60 °C
20	19,91	0,55	0,71	6,41
30	29,93	3,27	5,30	8,21
40	39,93	9,86	12,26	10,01

Pada Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa pada saat setimbang semakin besar konsentrasi larutan Cu maka konsentrasi Cu setelah diadsorpsi semakin besar. Dengan meningkatnya konsentrasi sisa adsorpsi ini menandakan bahwa efisiensi dari karbon aktif semakin menurun. Hal ini disebabkan karena terjadinya tumbukan antara logam Cu dan karbon aktif meningkat dan menyebabkan penurunan efisiensi adsorpsi. Dari Tabel 4.1 sampai 4.3 dilihat bahwa kondisi optimum untuk proses adsorpsi larutan Cu menggunakan karbon aktif dari ampas tebu konsentrasi logam Cu pada 20 ppm dan suhu adsorpsi 40 °C sebesar 97,1%. Nilai ini lebih besar dibandingkan dengan Apriliani [2013]

3.2 Pengaruh Konsentrasi Logam Cu dan Suhu Adsorpsi Terhadap Efisiensi Penyerapan

Hasil proses adsorpsi logam Cu yang dilakukan pada konsentrasi larutan Cu 20; 30; dan 40 ppm dan suhu adsorpsi 40; 50; dan 60 °C pada kondisi setimbang dianalisa menggunakan alat AAS yang ditampilkan pada Tabel 3.2.

saat konsentrasi logam Cu pada 20 ppm dan suhu 40 °C sebesar 96,94%.

3.3 Pengujian Model Kesetimbangan Adsorpsi

Untuk lebih memastikan mekanisme adsorpsi yang terjadi, dilakukan pengujian model kesetimbangan adsorpsi. Pengujian model kesetimbangan ini bertujuan untuk menentukan model kesetimbangan yang dipakai pada adsorpsi logam Cu dengan adsorben karbon aktif dari ampas tebu. Pengujian model dilakukan dengan metode regresi linier untuk variasi suhu dan konsentrasi. Model kesetimbangan yang ditinjau adalah model kesetimbangan Freundlich dan model kesetimbangan Langmuir. Pengujian model kesetimbangan untuk setiap variasi suhu, akan diperoleh

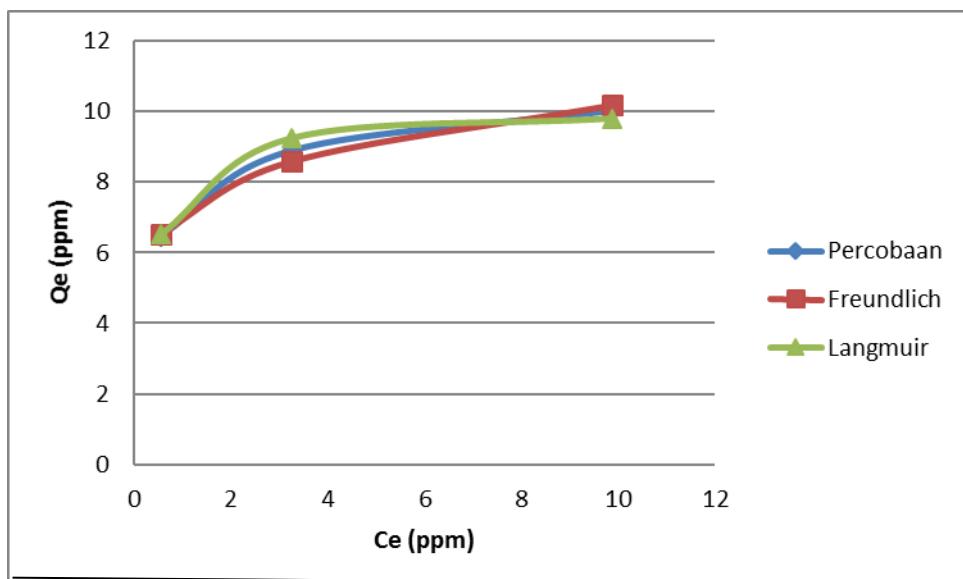
parameter kesetimbangannya. Parameter kesetimbangan tersebut akan dimasukkan ke dalam masing-masing persamaan model yang ditinjau.

Jumlah Cu yang terjerap berdasarkan hasil perhitungan (Q_e perhitungan) pada masing-masing model akan dibandingkan dengan jumlah logam Cu yang terjerap berdasarkan hasil percobaan (Q_e

percobaan), sehingga akan diperoleh persentase kesalahan. Dimana semakin kecil persentase kesalahan, semakin cocok dan mendekati yang diuji. Pada tabel berikut dapat dilihat perbandingan Q_e logam Cu hasil perhitungan dari model kesetimbangan dengan Q_e data berdasarkan percobaan.

Tabel 3.3 Perbandingan Q_e Percobaan dan Q_e Perhitungan Pada Suhu 40 °C

Co (konsentrasi awal Cu)(ppm)	Ce (konsentrasi Cu saat setimbang (ppm))	Q_e (kapasitas jerap Cu percobaan)	Q_e (kapasitas jerap Cu perhitungan)	
			Freundlich	Langmuir
19,91	0,55	6,45	6,52	6,51
29,93	3,27	8,88	8,58	9,24
39,93	9,86	10,02	10,18	9,80
% Ralat			2,056	3,38



Gambar 3.3 Grafik Hubungan Ce dan Q_e Percobaan dan Q_e Perhitungan pada Suhu 40 °C

Tabel 3. dan Gambar 3.3 memperlihatkan bahwa isoterm Freundlich memberikan % ralat yang lebih kecil bila dibandingkan dengan Langmuir. Hal ini mengidikasikan bahwa penyerapan yang lebih

dominan secara fisika, dimana logam Cu menempel dengan gaya Van der Walls didinding pori karbon aktif.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Pada penelitian adsorpsi logam Cu dengan adsorben karbon aktif dari ampas tebu, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ampas tebu bisa dijadikan sebagai karbon aktif untuk penyerapan logam Cu
2. Semakin besar konsentrasi logam Cu dan suhu adsorpsi maka penyerapan adsorpsi karbon aktif akan semakin menurun. Penyerapan karbon aktif terbesar adalah 97,1% saat konsentrasi logam Cu pada 20 ppm dan suhu 40 °C.
3. Mekanisme adsorpsi logam Cu oleh karbon aktif dari ampas tebu lebih didominasi oleh model isoterm Freundlich yang mewakili adsorpsi fisika.

4.1 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya membandingkan proses adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif sebelum dan sesudah aktivasi.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penulis selama ini. Terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama ini.

DAFTAR PUSTAKA

Apriliani, A. 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, Dan Pb Dalam Air Limbah. Skripsi, Fakultas

Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.

Asbahani. 2013. Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur. *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*. 13(1), 105-114.

Atkins, P. W. 1999. Kimia Fisika 2. Jakarta : Erlangga.

Giequel, L., Wolbert, D., & Laplanche, A. 1997. Adsorption of Antrazine by Powdered Activated Carbon: Influence of Dissolved Organic and Mineral Matter of Natural Water, *Journal of Environmental Science and Technology* 18, 467-478.

Kurniaty, N. 2008. Kesetimbangan Adsorpsi Residu Minyak dari Limbah Cair Pabrik Minyak Sawit (Pome) Menggunakan Gambut Aktif. Skripsi, Teknik Kimia, Fakultas Teknik UR, Pekanbaru.

Lelifajri. 2010. Adsorpsi Ion Logam Cu (II) Menggunakan Lignin Dari Limbah Serbuk Kayu Gergaji. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7(3), 126-129.

Sari, E. K. 2009. Memperbaiki Kualitas Air Pengisi Broiler di Pabrik Broiler di Pabrik Gula Sragi dengan Cara Adsorpsi Ion Kesadahan Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi. Tugas Akhir II. Semarang, UNNES.

Shofa. 2012. Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida. Skripsi, Fakultas

Teknik, Universitas
Indonesia, Depok.
Yuwanti, Riha. 2013. Kesetimbangan
Adsorpsi Pb(II) pada Lempung Alam
Desa Talanai Kabupaten Kampar.
Skripsi, Jurusan Kimia, FMIPA,
Universitas Riau, Pekanbaru.