

PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI KULIT DURIAN SEBAGAI ADSORBENT LOGAM Fe

Beni Febriansyah¹⁾, Chairul ST., MT²⁾, Silvia Reni Yenti Msi²⁾

1)Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, 2)Dosen Jurusan Teknik Kimia
Falkultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawijaya Jl. HR Subratas Km 12,5 Pekanbaru 28293
Feb_beni26@yahoo.co.id/085365566024

Abstrak

Durian peel is known as the waste that can pollute the environment. One effort to improve the economic value of the durian skin can be done with the process into activated carbon. This study aims to obtain optimum conditions for the use of activators of Kalium Hidroksida on the quality of activated carbon and activated carbon absorption of Fe metal. Activated carbon is made via two processes, namely the process of carbonization and activation at 320°C temperature with a solution of Kalium Hidroksida by varying the massa aktif carbon 1, 1.5, 2, 2.5, dan 3 gr and adsorb time 30, 60, 90, dan 120 menit. To determine the quality of activated carbon, activated carbon characteristics tested, such as moisture content, ash content, and the absorption of iodine. The results showed that the characteristics of activated charcoal SNI 06-3730-1995 meets the standards the water content of 14.12%, 5.46% ash content and absorption of I2 solution of 580.27 mg / g in adsorbing metals Fe. Application of Fe metal adsorption by activated carbon from durian skin with 3 grams of carbon mass variation and contact time of 90 minutes where the adsorption efficiency is 96.75%.

Keywords: *activated carbon, durian skin, potassium hydroxide*

1. Pendahuluan

Logam besi (Fe) merupakan elemen kimiawi yang dapat ditemukan hampir di setiap tempat di bumi pada semua lapisan geologis dan badan air. Besi dalam air dapat berbentuk Fe(II) dan Fe(III) terlarut. Fe(II) terlarut dapat bergabung dengan zat organik membentuk suatu senyawa kompleks (Rohmatun, 2006). Jika besi (Fe) berada didalam air, maka besi akan tersuspensi dan berwarna kecoklatan. Suspensi yang terbentuk akan segera menggumpal dan

mengendap di dasar badan air (Suciastuti, E., dan Sutrisno, C. T. 2002). Logam besi dapat juga ditemukan pada air limbah. Hal ini disebabkan air limbah mengalami kontak dengan berbagai macam material yang terdapat di dalam bumi, sehingga pada umumnya air tanah mengandung kation dan anion terlarut dan beberapa senyawa anorganik. Salah satunya ion-ion yang sering ditemui pada air adalah Fe (Rahman, A. H. B. 2004).

Adapun kadar Fe pada air baku yang diizinkan menurut PP No.82 Tahun 2001 adalah 0,3 mg/l. Konsentrasi besi (Fe) yang lebih besar dari 0,3 mg/l dapat menimbulkan warna kuning pada air, memberi rasa tidak enak, pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan menyebabkan kekeruhan pada air (Waluyo, 2009). Sehingga diperlukan teknik pengolahan untuk menurunkan kadar Fe pada air baku.

Proses pengelolaan air yang sering dilakukan saat ini adalah dengan teknik adsorpsi dengan karbon aktif yang merupakan metode untuk menghilangkan polutan. Adsorben yang biasa digunakan dalam pengolahan air limbah menjadi air baku adalah arang aktif atau karbon aktif. Senyawa alam yang banyak terdapat dalam limbah pertanian atau buangan industri merupakan potensi adsorben murah.

Adapun limbah pertanian atau industri yang dapat digunakan sebagai alternatif adsorben dengan biaya rendah diantaranya adalah tongkol jagung, gabah padi, ampas kedelai, biji kapas, jerami dan kulit kacang tanah (Marshall dan Mitchell, 1996). 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). Salah satu material yang dapat dipertimbangkan sebagai adsorben adalah kulit durian.

Kulit durian mengandung minyak atsiri, flavonoid, saponin, unsur selulosa, lignin, karbon serta kandungan pati

(fadli, 2011). Kulit durian mengandung karbon yang cukup tinggi sehingga dapat dijadikan bahan pembuatan karbon aktif untuk digunakan sebagai adsorben.

Berdasarkan penelitian, kulit durian mengandung bahan yang tersusun dari selulosa yang tinggi (50% - 60 %) dan lignin (5%) serta pati yang rendah (5%). Bahan-bahan ini merupakan bahan yang mudah terbakar. Dengan melihat pada struktur dan karakteristik dari kulit durian tersebut, sebenarnya dimungkinkan untuk memanfaatkan limbah kulit durian tersebut sebagai pembuatan karbon aktif dari kulit durian sebagai adsorben logam Fe.

Pada penelitian ini, akan dicobakan suatu metode penurunan kadar Fe dengan prinsip adsorpsi dengan menggunakan adsorben kulit durian untuk mengetahui kemampuan arang kulit durian dalam menyerap ion logam, khususnya terhadap ion logam Fe.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan dan Alat

Pembuatan karbon aktif ini menggunakan kulit durian sebagai bahan baku. Kulit durian ini diambil dari limbah penjualan durian di daerah Pekanbaru. Bahan-bahan lainnya yang digunakan meliputi KOH 0,1 N sebagai aktivator karbon aktif, Larutan Fe_2O_3 10 mg/l 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,

pH meter, *furnace*, dan SSA, serta Reaktor Pirolisis.

Variabel Penelitian

Variabel tetap yang dipilih pada penelitian ini adalah kecepatan pengadukan 100 rpm, temperatur karbonisasi (pirolisis) bahan baku pada 320 ° C selama 2 jam (asbahani, 2013) dengan penambahan KOH 0,1 N sebagai aktivator pada suhu 200 ° C selama 1 jam (Wijayanti,2009). Sedangkan pemilihan variabel proses yang akan dipelajari pada penelitian ini dilakukan pada kondisi :

1. Massa Karbon Aktif : 1; 1,5; 2; 2,5; dan 3 gram
2. Waktu adsorpsi : 30; 60; 90; dan 120 menit

2.2. Perlakuan dan Rancangan Penelitian

Pada pembuatan karbon aktif dari kulit durian ada beberapa langkah yang dilakukan, yaitu :

1. Persiapan Bahan Baku
2. Pembuatan Karbon Aktif
3. Analisa Kualitas Karbon Aktif
 - a. Analisa Kadar Air
 - b. Analisa Kadar Abu
 - c. Analisa Daya Serap terhadap Iod
4. Penyerapan Logam Fe

2.3. Prosedur Penelitian

2.3.1. Persiapan Bahan Baku

Kulit durian sebagai bahan baku yang telah didapat, dilakukan pencucian terlebih dahulu pada kulit durian untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada bahan baku. Bahan baku di potong kecil-kecil ± 3 cm kemudian di keringkan dibawah sinar matahari selama satu hari.

2.3.2. Pembuatan Karbon Aktif

Kulit Durian yang telah dikeringkan kemudian akan dijadikan sebagai bahan baku karbon aktif. Pembuatan Karbon aktif dilakukan pada temperatur 320 °C selama 2 jam dalam reaktor pirolisis (Asbahani,2013). Setelah proses pirolisis selesai, arang Kulit Durian tersebut didinginkan selama 15 menit menggunakan desikator. Setelah dingin arang dihaluskan menggunakan mortal lalu diayak menggunakan saringan berukuran 60-80 mesh. Arang yang berukuran 60-80 mesh tersebut diambil sebanyak 40 gram kemudian di aktivasi menggunakan larutan KOH 0,1 N. Aktivasi dilakukan pada temperatur 200 °C selama 1 jam menggunakan *furnace* dengan penambahan KOH 3:1. Setelah proses aktivasi selesai karbon aktif tersebut kembali didinginkan menggunakan desikator (Shofa,2012).

2.3.3. Penentuan Kualitas Karbon Aktif

1. Analisa Kadar Air

Lima gram karbon aktif dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya. setelah itu dipanaskan di dalam oven pada suhu 100 °C ± 2 °C selama 3 jam dan dimasukkan dalam desikator lalu di timbang kembali untuk ditentukan kadar air karbon aktif.

$$Kadar\ air = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

2. Analisa Kadar Abu

Mengeringkan cawan porselen dalam oven pada suhu 100 °C selama 15 menit kemudian mendinginkan dalam desikator dan menimbang beratnya. Setelah itu memasukkan 5 gr sampel dalam cawan, kemudian dipijarkan dalam *furnace* dengan suhu 550 °C

sampai diperoleh abu berwarna keputih-putihan. Selanjutnya mengeluarkan sampel dari furnace dan mendinginkan dalam desikator. Setelah dingin, menimbang beratnya sampai diperoleh bobot konstan.

$$\text{Kadar abu total} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

3. Analisa Daya Serap Iod (I_2)

Sebanyak 1,00 gram serbuk arang aktif dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan 1,25 mL larutan I_2 0,1 N, lalu dikocok hati-hati dan disimpan di tempat yang gelap dan tertutup selama 2 jam. Hasil larutan tersebut kemudian disaring dan ditambahkan 5 mL larutan KI 20% dan 75 mL akuades lalu dikocok hingga homogen. Selanjutnya dititrasi dengan larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N dari warna kuning kecoklatan sampai kuning muda, ditambah dengan indikator amilum 10 tetes, dititrasi kembali sampai warna biru hilang dan tepat tidak berwarna. Sebagai perbandingan dapat digunakan larutan blanko dengan menggunakan cara yang sama seperti cara di atas tanpa menggunakan adsorben.

$$DSI = \frac{\left(A - \frac{B \times N}{n}\right) \times 126,93 \times fp}{a}$$

Keterangan :

DSI = Daya serap I_2

A = Volume larutan iodin

B = Volume $Na_2S_2O_3$ yang terpakai

fp = Faktor pengenceran

a = Bobot karbon aktif

N = Kosentrasi $Na_2S_2O_3$

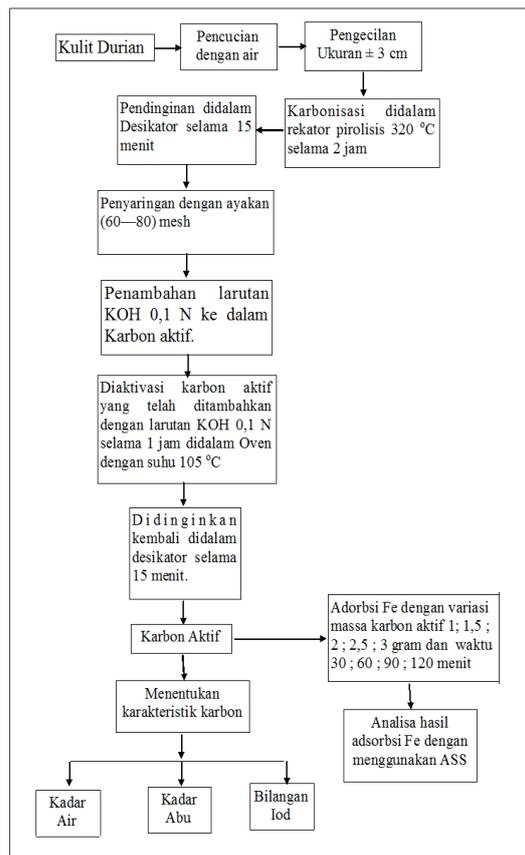
n = Kosentrasi iodin

126,93 = jumlah iodin sesuai 1 mL larutan $Na_2S_2O_3$

2.3.4. Penyerapan Logam Besi (Fe)

Membuat larutan Fe dengan 10 ppm menggunakan Fe_2O_3 . Setelah itu dilakukan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif dari kulit durian yang telah di aktivasi sebelumnya. Proses adsorpsi di lakukan pada temperatur ruangan menggunakan shaker pada kecepatan 100 rpm. 100 ml sampel Larutan Fe di tambahkan dengan karbon aktif dengan massa karbon aktif (1; 1,5; 2; 2,5; dan 3) gram. Proses adsorpsi dilakukan selama 30; 60; 90; dan 120 menit. Setelah proses adsorpsi selesai sampel karbon aktif kemudian disaring menggunakan kertas saring. Filtrat hasil penyaringan kemudian di ukur kadar Fe terlarut dengan menggunakan instrumen AAS.

2.4. Blok Diagram Proses Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Durian



dengan aktivator KOH 0,1 M telah memenuhi Standar Kualitas Karbon aktif Menurut SNI 06-3730-1995. Hasil analisis karbon aktif kulit durian disajikan pada **Tabel 4.1**.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa Kualitas Arang Aktif

Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa karbon aktif dari kulit durian

Tabel 4.1 Hasil Kualitas Karbon Aktif Penelitian

No	Uraian	Prasyarat kualitas	Hasil analisis
1	Kadar air (%)	Maks. 15	14,12
2	Kadar abu (%)	Maks. 10	5,46
3	Daya serap terhadap Larutan I ₂ (mg/g)	Maks. 750	580,27

3.2 Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Karbon Aktif Terhadap Efisiensi Adsorpsi

Hasil pengujian sampel dengan

menggunakan spektrofotometri atom serapan (AAS) dengan variasi waktu kontak dan masa karbon aktif ditampilkan dalam **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2. Pengaruh Waktu Kontak dan Masa Karbon Aktif Terhadap Efisiensi Adsorpsi

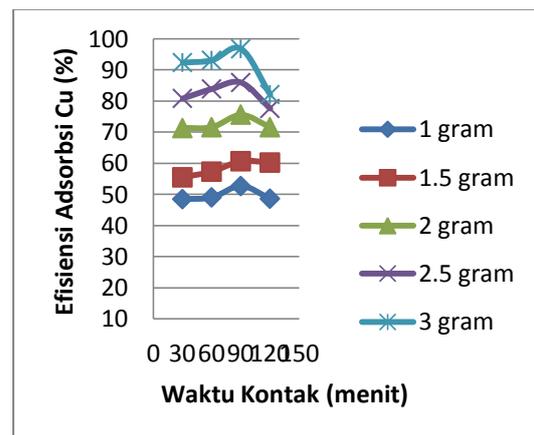
Waktu kontak (menit)	masa karbon aktif (gram)	Konsentrasi Fe Awal (mg/l)	Konsentrasi Fe yang terbaca pada alat AAS(mg/L)	Konsentrasi Fe Teradsorpsi pada Karbon AKtif (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi Fe (%)
30	1	10	5.154	4.846	48.46
60		10	5.098	4.902	49.02
90		10	4.734	5.266	52.66
120		10	5.14	4.86	48.6
30	1.5	10	4.454	5.546	55.46
60		10	4,272	5.728	57.28
90		10	3.936	6.064	60.64
120		10	3.98	6.02	60.2
30	2	10	2.871	7.129	71.29
60		10	2.843	7.157	71.57

90		10	2.437	7.563	75.63
----	--	----	-------	-------	-------

Waktu kontak (menit)	masa karbon aktif (gram)	Konsentrasi Fe Awal (mg/l)	Konsentrasi Fe yang terbaca pada alat AAS(mg/L)	Konsentrasi Fe Teradsorbsi pada Karbon AKtif (mg/L)	Efisiensi Adsorbsi Fe (%)
30	2.5	10	1.917	8.083	80.83
60		10	1.611	8.389	83.89
90		10	1.406	8.594	85.94
120		10	2.241	7.759	77.59
30	3	10	0.765	9.235	92.35
60		10	0.691	9.309	93.09
90		10	0.325	9.675	96.75
120		10	1.791	8.209	82.09
120		10	2.843	7.157	71.57

Dari **Tabel 4.2** ini dapat diketahui bahwa terjadi penurunan konsentrasi besi setelah dikontakkan dengan karbon aktif dari Kulit Durian dengan variasi waktu kontak dan masa karbon aktif adsorben. Penurunan konsentrasi besi pada sampel air sumur tersebut berkisar antara 48.46 sampai 96.75 %. Menurut Manocha (2003), adsorbsi merupakan suatu fenomena yang berkaitan erat dengan permukaan di mana terlibat interaksi antara molekul-molekul cairan atau gas dengan molekul padatan. Interaksi ini terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul yang menutupi permukaan tersebut. Kapasitas adsorbsi dari karbon aktif tergantung pada jenis pori dan jumlah permukaan yang mungkin dapat digunakan untuk mengadsorbsi. Sulistyawati (2008) menyatakan bahwa kapasitas adsorbsi berbanding lurus dengan waktu sampai pada titik tertentu, kemudian mengalami penurunan setelah

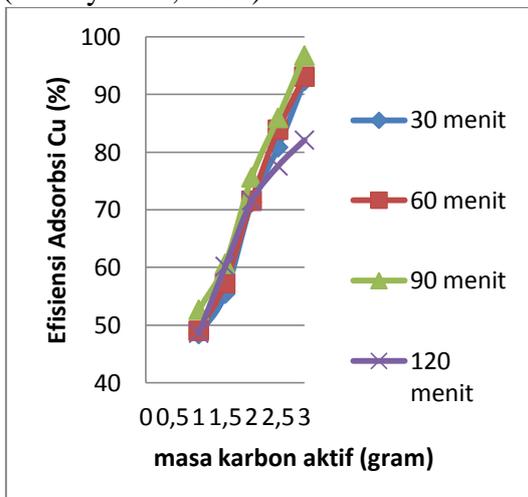
melewati titik tersebut. Penyisihan besi pada berbagai masa karbon aktif berdasarkan waktu kontak ditampilkan pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Adsorbsi.

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa efisiensi adsorbsi besi terbaik dalam sampel berada pada waktu kontak 90 menit yaitu 96.75% pada

masa karbon aktif 3 g. Waktu kontak yang cukup diperlukan oleh karbon aktif agar dapat meng-adsorpsi besi secara optimal. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak kesempatan partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan logam besi yang terikat di dalam pori-pori karbon aktif. Efisiensi adsorpsi 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 (Sulistiyawati, 2008).



Gambar 4.2. Pengaruh Masa Karbon Aktif Terhadap Efisiensi Adsorpsi

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa persentase adsorpsi besi bertambah seiring dengan bertambahnya masa karbon aktif adsorben. Barros (2003) dalam Wijayanti (2009) menyatakan bahwa pada saat ada peningkatan masa karbon aktif adsorben maka ada peningkatan

persentase penurunan konsentrasi besi. Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa masa karbon aktif adsorben yang paling baik pada penelitian ini adalah 3 g jika dibandingkan dengan masa karbon aktif yang lain dengan efisiensi mencapai 96.75% pada menit ke-90 sehingga masa karbon aktif terbaik untuk karbon aktif dari Kulit Durian sebagai adsorben besi adalah 3 g.

Lamanya proses adsorpsi ditentukan berdasarkan efisiensi adsorpsi besi selama rentang waktu dan masa karbon aktif tertentu. Pada saat keduanya mencapai nilai maksimal maka lama proses adsorpsi dan masa karbon aktif tersebut diambil sebagai waktu kontak dan masa karbon aktif terbaik adsorpsi. Waktu kontak dan masa karbon aktif terbaik untuk menurunkan konsentrasi besi dengan karbon aktif dari Kulit Durian adalah 90 menit dan masa karbon aktif 3 g. Pemilihan waktu kontak dan masa karbon aktif terbaik dilihat dari keefektifan karbon aktif menurunkan konsentrasi besi dalam sampel.

4. Kesimpulan

1. Karakteristik arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi standar SNI 06-3730-1995 yaitu kadar air 14,12 %, kadar abu 5,46% dan daya serap terhadap Larutan I₂ 580,27 (mg/g)
2. Penurunan kadar Fe terbesar terlihat pada masa karbon aktif 3 gram dan waktu aduk 90 menit di mana efisiensi adsorpsi adalah 96.75%.

Daftar Pustaka

- Admin. (2010). *Penghilangan besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air*. Diunggah kembali dari <http://smk3ae.wordpress.com/2010/08/28/penghilangan-besi-fe-dan-mangan-mn-dalam-air-2/>.
- 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.
- Apriani, dkk. 2013. *Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut*. PRISMA FISIKA, Vol. I, No. 2 (2013), Hal. 82 – 86
- Asbahani. 2013. *Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur*. *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*. Vol 13.
- Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika 2*. Jakarta : Erlangga
- Cossich, E.S., Teveres C.R.G and Ravagnani. 2003. Colombo: Departamento de Engenharia Qumica.
- Darmono. 2008. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Fadli, Ade. 2011. *Manfaat Kulit Durian* (<http://timpakul.web.id/manfaat-kulit-durian.html>, diakses 11 Oktober 2014)
- Fatmawati. 2006. *Kajian Adsorpsi Cd(II) Oleh Biomassa Potamogeton (Rumput naga) Yang Terimobilkan Pada Silica Gel*. Banjarbaru : FMIPA Universitas Lambung Mangkurat.
- Fourest, E and J.C. Roux. 1992. Heavy Metals Biosorption by Fungal Mycelial by-Product : Mechanism and Influence of pH. *Appl. Microbiol Biotechnol*. 37 : 467-478.
- Gadd, G.M. 1998. *Biotechnology* vol 6. pp: 401-433.
- Gaol, L.D.L. 2001. *Studi Awal Pemanfaatan Beberapa Jenis Karbon Aktif Sebagai Adsorben*. Seminar. Depok : FTUI
- Guibal, E., C. Roulph and P. Le Cloiree. 1992. Uranium Biosorption by A Fillamentous Fungus *mucor michei* : pH Effect on Mechanisms and Performance of Uptake. *Water. Env. Research*. 8 : 1139-1145.
- Hanjono, L. 1995. *Teknologi Kimia*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.

- Hughes, M.N dan Poole, R.K., 1984, *Metals and Microorganism*. London : Chapman and Hall.
- H, Pohan. 1993. *Prospek Penggunaan Karbon Aktif dalam Industri*. Warta IHP. Bogor.
- http:// PP RI No. 82 / 2001 : *Pengelolaan Kualitas Air*
- Kargi, F and S. Cikla. 2006. Biosorption of Zinc (II) ions onto Powdered Waste Sludge (PWS) : Kinetics and Isotherm. *Enzyme and Microbial, Technol*, 38 : 43-53.
- Kaur S., Walia T.P.S, and Mahajan R.K. 2008. Comparative Studies of Zink, Cadmium, Lead and Copper on Economically Viable Adsorbents. *Journal Environ Eng Sci* 7: 1-8.
- Khopkar, S.M. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI Press.
- Kirk-Othmer, 1992, "Encyclopedia Chemical Technology 2nd ed, vol 12", John Willy and Sons.
- Marshall,W.E. and Mitchell M.J. 1996. Agriculture by-product As Metal: Sorption Propeties and Resistance to Mechanical Abrasion. *Journal Chemistry Adsorbent Technology Biotechnol* 66 : 92-198.
- Mirwan, M. 2005. "*Daur Ulang Limbah Hasil Industri Gula (Ampas Tebu / Bagasse) Dengan Proses Karbonisasi Sebagai Arang Aktif*". *Jurnal Rekayasa Perencanaan*. Vol. 1 (3).
- Mu'jizah, S. 2010. *Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Biji Kelor (Moringa Oleifera. Lamk) Dengan Nacl Sebagai Bahan Pengaktif*. Diakses tanggal 8 September 2014.
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. New York : John Wiley and Sons.
- Osipow, L.S. 1962. *Surface Chemistry : Theory and Industrial Applications*. Reinhold Publishing Cooperation. New York.
- Pratama, G. A., Pribadi, R., & Maslukah, L. (2012). *Kandungan logam berat Pb dan Fe pada air, sedimen, dan kerang hijau (Perna viridis) di sungai Tapak kelurahan Tugurejo kecamatan Tugu Kota Semarang*. *Jurnal of Marine Research*. 1(1), 133-137.
- Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI 1997, Azhary H. Surest, Indra Permana, Rio Gunawan Wibisono, *Jurnal* (2003)
- Rahayu, T. 2004. "Karakteristik Air Sumur Dangkal di Wilayah Kartasura dan Upaya Penjernihannya". *Jurnal MIPA*. Vol. 14 (1), hlm. 40 – 51.

- Rahman, A. H. B. 2004. "Penyaringan Air Tanah dengan Zeolit Alami untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan". *Jurnal MAKARA*. Vol. 8 (1), hlm. 1-6.
- Reza, E. 2002. Studi Literatur Perancangan Awal Alat Adsorpsi Regenerasi Karbon Aktif. *Seminar*. Depok : FTUI
- Rohmatun. 2006. *Studi Penurunan Kandungan Besi Organik dalam Air Tanah dengan Oksidasi H₂O₂-UV*. <http://www.kandunganbesi.com> Diakses tanggal 6 Januari 2014.
- 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.
- Shofa. 2012. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu Dengan Aktivasi KOH*. Skripsi. Depok : FTUI.
- Sinar Tani, 2010, "Pemanfaatan Kulit Durian", Kelompok Sinar Tani. Bogor.
- Smith, J.M., 1967, "Chemical Engineering Kinetics", McGraw-Hill Book Co, Singapura.
- Sontheimer, J.E., 1985, "Activated Carbon for Water Treatment Netherlands," Elsevier, pp. 51-105.
- Suciastuti, E., & Sutrisno, C. T. (2002). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Sunarya, A.I. 2006. Biosorpsi Cd(II) dan Pb(II) Menggunakan Kulit Jeruk Siam (*Citrus reticulata*). *Skripsi*. Bogor : Departemen Kimia Fakultas MIPA IPB.
- Suryana, N. 2001. *Teori Instrument dan Teknik Analisis AAS*. Jakarta : Pusat. Pengujian Mutu Barang.
- Syahmani., Sholahudin, A. 2007. *Laporan Penelitian Dosen Muda : Reduksi Fe, Mn dan Padatan Terlarut dalam Air Hitam dengan Kitin dan Kitosan Isolat Limbah Kulit Udang melalui Sistem Kolom*. Banjarmasin : FKIP UNLAM.
- Syam, L. (2004). Analisis kadar besi (Fe) dalam kedelai dengan pengompleks fenantrolin. (skripsi). Untad Press, Palu.
- Tahril., Taba, P., Nafie, L. N., & Noor, A. (2011). Analisis besi dalam ekosistem lamun dan hubungannya dengan sifat fisikokimia perairan pantai

kabupaten Donggala. *Jurnal
Natur Indonesia*, 13(2), 105-
111.

Volesky B. Biosorption of Heavy
Metal.
<http://lifebiosorption.co.uk> (8
Desember 2013)

Waluyo, L. 2009. Mikrobiologi
Lingkungan. Malang: UMM
Press.

Wijayanti, Ria. 2009. Arang Aktif dari
Ampas Tebu sebagai
Adsorben pada Pemurnian
Minyak Goreng Bekas.
Skripsi FMIPA IPB: Bogor.