
PEMANFAATAN LIGNIN DARI LIMBAH KULIT BUAH COKLAT SEBAGAI ADSORBEN LOGAM (Cu) DENGAN PENAMBAHAN CaCO_3

Deritawati¹, Waliyadin², Rismawati Rasyid², N Nurjannah²

1. Jurusan Teknik Kimia, Program Pascasarjana, Universitas Muslim Indonesia
2. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia,
Jl. Urip Sumoharjo Km.05 Kota Makassar
Email : adhyiec.us@gmail.com, rhitaray80@gmail.com.

INTISARI

Logam Cu dalam konsentrasi tertentu dapat memberikan efek toksik yang berbahaya bagi kehidupan manusia dan lingkungan di sekitarnya. Salah satu cara sederhana dan ekonomis yang dapat dilakukan untuk menyerap logam Cu dengan cara adsorpsi dengan menggunakan bahan berpori. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan Waktu dan pH optimum pada proses penyerapan Cu oleh lignin. Sampel kulit Cacao didapatkan di Mamuju Sulawesi Barat, sampel dipreparasi terlebih dahulu kemudian diekstraksi dengan Benzen:Ethanol. Setelah itu lignin diisolasi menggunakan NaOH, kemudian diendapkan menggunakan H_2SO_4 sehingga didapatkan sampel lignin murni. Lignin yang telah dikeringkan dikontakkan dengan larutan Cu pada Variabel pH dan Waktu. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pH dan waktu kontak berpengaruh terhadap banyaknya konsentrasi Cu yang diadsorpsi oleh lignin. Semakin banyak waktu yang dikontakkan antara larutan Cu dan lignin maka semakin banyak pula Cu yang diadsorpsi oleh lignin. Sedangkan pH basa akan menyebabkan berkurangnya daya kerja adsorben dari lignin, dan lebih baik pada pH Asam. Penelitian dapat disimpulkan bahwa pH optimum pada proses penyerapan logam Cu oleh lignin ialah pada pH larutan 6. Waktu kontak optimum pada proses penyerapan logam Cu oleh lignin ialah pada waktu 40 Menit.

Kata kunci: Kulit Buah Cacao, Lignin, Logam Cu, Adsorben

ABSTRACT

Cu metal in certain concentrations can have toxic effects that are harmful to human life and the surrounding environment. One simple and economical way that can be done to absorb Cu metal by adsorption by using porous material. This study aims to determine the optimum time and pH on the process of absorption of Cu by lignin. Cacao leather samples were obtained at Mamuju West Sulawesi, samples were first prepared and then extracted with Benzen: Ethanol. After that lignin was isolated using NaOH, then precipitated using H_2SO_4 to obtain pure lignin sample. The dried lignin is contacted with Cu solution at the pH and Time Variables. The results showed that pH and contact time had an effect on the amount of Cu concentration adsorbed by lignin. The more time it is contacted between Cu and lignin solution the more Cu is adsorbed by lignin. While alkaline pH will reduce the adsorbent working power of lignin, and better at acidic pH. The research can be concluded that the optimum pH on the process of absorption of Cu metal by lignin is at pH of solution 6. The optimum contact time on the process of absorption of Cu metal by lignin is at 40 minutes.

Keywords: Cacao Fruit Leather, Lignin, Cu Metals, Adsorbents

PENDAHULUAN

Tanaman kakao (*Theobroma cacao*, L) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang

peranannya cukup penting bagi perekonomian nasional, khususnya penyedia lapangan kerja, sumber pendapatan dan devisa negara (Sunanto, 2012).

Pemanfaatan limbah kulit buah kakao masih sangat terbatas, masyarakat memanfaatkan limbah kulit kakao lebih banyak sebagai pakan ternak dan pupuk kompos saja. Sebagian besar limbah kulit buah kakao yang dihasilkan hanya dibiarkan membusuk begitu saja di sekitar area perkebunan (Purnamawati dan Utami), Limbah yang mengandung logam berat perlu mendapat perhatian khusus, mengingat dalam konsentrasi tertentu dapat memberikan efek toksik yang berbahaya bagi kehidupan manusia dan lingkungan di sekitarnya. Toksisitas yang dimiliki Cu baru akan bekerja bila telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait (Palar, 1994). Connel dan Miller (1995) menyatakan bahwa Cu merupakan logam esensial yang jika berada dalam konsentrasi rendah dapat merangsang pertumbuhan organisme sedangkan dalam konsentrasi yang tinggi dapat menjadi penghambat. Selanjutnya oleh Palar (1994) dinyatakan bahwa biota perairan sangat peka terhadap kelebihan Cu dalam perairan sebagai tempat hidupnya. Konsentrasi Cu terlarut yang mencapai 0,01 ppm akan menyebabkan kematian bagi fitoplankton. Dalam tenggang waktu 96 jam biota yang tergolong dalam Mollusca akan mengalami kematian bila Cuyang terlarut dalam badan air berada pada kisaran 0,16 sampai 0,5 ppm.

Banyak metoda yang telah dikembangkan untuk menurunkan kadar logam berat dari badan perairan, misalnya metoda pengendapan, evaporasi, elektrokimia, dan dengan cara penyerapan bahan pencemar oleh adsorben baik berupa resin sintetik maupun karbon aktif (Lopes, 1997; Giequelet al., 1997).

1. Lignin

Lignin adalah kompleks polimer hidrokarbon dengan komponen senyawa alifatik dan aromatik. Lignin terdiri dari monomer-monomer yang berasal dari beberapa macam cincin substitusi phenil propana. Brown (1979) mengatakan bahwa lignin merupakan polimer aromatik kompleks dengan bobot molekul kira-kira 11.000 yang dibentuk oleh tiga dimensi polimerisasi.

Lignin dapat diperoleh dari proses pemasakan serbuk kayu menggunakan larutan NaOH. Polimer lignin akan terdegradasi dan kemudian larut dalam larutan pemasak. Lignin merupakan komponen terbesar yang terdapat dalam larutan sisa pemasak, karena itu proses isolasi lignin lebih memungkinkan. Berbagai teknik isolasi telah dipelajari, tetapi pada prinsipnya sama yaitu diawali dengan proses pengendapan padatan.

2. Adsorben

Adsorpsi atau penyerapan adalah proses pemisahan komponen tertentu dari suatu fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Adsorpsi (serapan) merupakan terakumulasi partikel pada permukaan suatu zat lain. Partikel yang terakumulasi disebut adsorbat dan material terjadinya adsorpsi disebut adsorben (Atkins, 1999). Biasanya partikel-partikel kecil adsorben ditempatkan dalam suatu hamparan tetap dan fluida dialirkan melalui hamparan itu sampai adsorben mendekati jenuh dan pemisahan yang dikehendaki tidak dapat berlangsung lagi. Peristiwa adsorpsi banyak digunakan pada industri kimia, misalnya pada pemisahan gas, mengurangi kelembaban udara, penghilangan bau, dan penyerapan gas yang tidak diinginkan dari suatu hasil proses.

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah (Maron & Prutton, 1964) dalam (Handayani, 2010).

ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu:

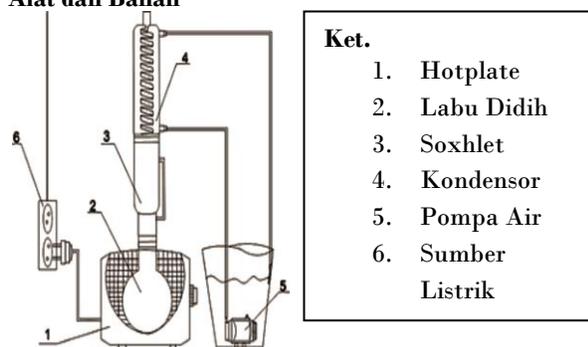
1. Sifat Serapan
2. Temperatur
3. pH (Derajat Keasaman).
4. Waktu Singgung
5. Luas permukaan adsorben

Mekanisme adsorpsi yang terjadi dapat digambarkan sebagai berikut permukaan adsorben dapat menarik molekul- molekul gas atau cair yang bersinggungan dengannya secara fisika dan kimia. Pada proses fisika gaya yang mengangkat adsorbat oleh adsorben adalah gaya *van der Waals*, molekul terikat sangat lemah. Sedangkan pada proses adsorpsi secara kimia, interaksi adsorbat dengan adsorben

melalui pembentukan ikatan kimia yang diawali dengan adsorpsi fisika, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekati ke permukaan adsorbenm melalui gaya *van der Waals* atau ikatanhidrogen, kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen). Hal-hal yang mempengaruhi proses adsorpsi antara lain adsorben, luas permukaan adsorben, derajat keasaman (pH), waktu kontak dan konsentrasi.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan



(sumber: digambar oleh Waliyadin)

1. Alat

Penelitian ini menggunakan satu set alat ekstraksi yang terdiri dari *soxhlet apparatus*, kondensator, termometer, pompa air, pemanas (hotplat/micromantel) dan bak penampung air. Untuk menampung serpihan kulit Coklat diperlukan beker gelas 2 liter. Alat lain yang digunakan adalah mesin penggiling (ball mill), ayakan, oven, magnetic stirer, sentrifuse, beaker gelas 2 liter 2 buah, beaker gelas 1000 ml 2 buah, beaker gelas 500 ml 4 buah, buret asam 500 ml, statif, klem, pH meter, kain biasa, kertas saring biasa, kertas saring whatman 40, pompa vakum, Spektrofotometer FTIR, Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).

2. Bahan

Bahan baku yang digunakan yaitu limbah Kulit buah coklat yang diperoleh dari kebun coklat mamuju. Selain itu, bahan lain yang diperlukan pada penelitian ini adalah, benzene 1 liter, etanol 96% 2 liter, NaOH, H₂SO₄, serta aquades.

Variabel Penelitian

1. Waktu kontak ; 10, 20, 30 ,40, 50 Menit
2. pH ; 3, 6, 9, dan 12

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu persiapan bahan baku kulit buah coklat, pembuatan kulit buah coklat bebas ekstraktif, delignifikasi serpihan kulit buah coklat, isolasi lignin, menghitung nilai rendemen lignin.

1. Persiapan Bahan Baku

Tahapan persiapan bahan dilakukan dengan membersihkan kulit buah coklat dan dikeringkan diudara terbuka (sinar matahari). Kulit buah coklat yang telah kering dipotong dengan ukuran panjang \pm 50 mm. Kulit buah coklat tersebut kemudian digiling menggunakan mesin penggiling (*ball mill*). Serbut yang terbentuk diayak dengan saringan mesh ukuran 50. Serbuk yang terbentuk dikeringkan pada oven pada suhu 60°C hingga berat serbuk konstan.

2. Pembuatan serpihan bebas ekstraktif

Serbuk yang telah dikeringkan lalu diekstraksi dengan menggunakan benzene : etanol 96% (2:1, v/v) selama 6 jam pada *soxhlet apparatus*. Residu hasil pengeringan oven tersebut diekstraksi kembali dengan menggunakan air pada suhu 100 °C selama 1 jam sehingga didapatkan serpihan kulit buah coklat yang bebas zat ekstraktif.

3. Delignifikasi serpihan kulit buah coklat

Serbuk kulit Coklat yang bebas ekstraktif dimasukkan pada digester dengan penambahan larutan pemasak pada perbandingan 10 : 1 (v/b), dimana komposisi larutan pemasak adalah etanol 96% : air (1:1). Pada digester ditambahkan katalis NaOH 30% dari berat bahan baku. Campuran kemudian dimasak pada digester pada suhu 170 °C dengan waktu pemasakan 2 jam sehingga diperoleh lindi hitam (lignin terlarut).

4. Isolasi lignin dari lindi hitam

Dilakukan penyaringan dengan menggunakan kain. Kemudian dilakukan pengenceran lindi hitam : air dengan perbandingan pengenceran 1:1. Lindi hitam yang telah disaring (filtrat) diendapkan ligninnya dengan cara titrasi oleh asam (H₂SO₄) dengan konsentrasi 30% sampai pH 2 sambil dilakukan pemanasan pada suhu 60 °C sambil diaduk cepat dengan magnetic stirer, kemudian didiamkan minimal selama 8 jam agar

pengendapan sempurna. Endapan lignin dipisahkan dari lindi hitam yang telah diasamkan dengan menggunakan alat sentrifuse (4500 rpm, 20 menit). Untuk meningkatkan kemurnian lignin, endapan lignin tersebut dilarutkan kembali dengan NaOH 1 N, kemudian larutan lignin diendapkan kembali dengan cara titrasi menggunakan asam sulfat (H_2SO_4). Endapan lignin dipisahkan kembali dengan menggunakan alat sentrifuse, kemudian disaring dengan kertas saring sehingga dihasilkan larutan lignin dengan kemurnian yang lebih tinggi. Selanjutnya endapan dicuci menggunakan H_2SO_4 0,01 N, dilanjutkan pencucian dengan aquades dan disaring menggunakan penyaring vakum. Endapan yang telah dicuci dikeringkan dalam oven (50 – 60 $^{\circ}C$) selama 24 jam sampai berat konstan sehingga dihasilkan lignin berbentuk serbuk tepung.

5. Menghitung nilai rendemen lignin

Rendemen lignin dihitung berdasarkan perbedaan berat antara lignin yang diperoleh setelah dikeringkan dengan berat serpihan kulit Coklat yang digunakan. Rendemen dinyatakan dalam bentuk persen berat (gram) per berat serpihan kulit buah coklat (% b/b).

6. Penyerapan Tembaga (Cu) oleh Lignin

Optimasi Penyerapan Logam Tembaga (Cu) oleh Lignin

a. Waktu Kontak

Ditimbang sebanyak 0,5 gram lignin kemudian dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer dan ditambahkan larutan Timbal 10 ppm. Selanjutnya larutan diaduk dengan variasi waktu kontak 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Larutan disaring dan filtratnya didestruksi dengan HNO_3 pekat, lalu larutan dianalisa dengan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).

b. pH

Lignin sebanyak 0,5 gram dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 50 ml. Selanjutnya ditambahkan larutan Timbal 10 ppm dan pH larutan diatur pada pH 3, 6, 9, dan 12 dengan menambahkan NaOH atau HCl, lalu larutan diaduk di atas shaker hingga waktu serapan optimum. Larutan disaring dan filtratnya didestruksi dengan HNO_3 pekat, lalu larutan

dianalisa dengan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).

Analisis Hasil dan Pengolahan Data

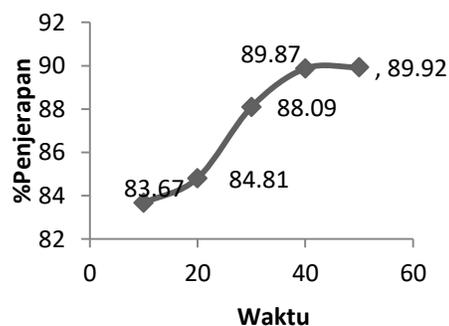
Penelitian ini menggunakan alat instrumen Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) untuk mendapatkan data – data kuantitatif yang diinginkan dalam penelitian ini, yaitu waktu kontak, dan pH.

HASIL DAN PEMBAHASAN:

Rendemen Lignin(%b/b) : 20.10 %

Pembahasan: dari hasil penelitian didapatkan rendemen sebesar 20.10 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lignin yang didapatkan dari sampel kulit Cacao adalah 20.10 %. Hal ini tidak sesuai dengan teori Ashadi, 1998 rendemen lignin dari kulit Cacao sebesar 20.11% Hal ini diduga bahwa lignin tidak terekstrak semua ke dalam pelarut serta kemungkinan dipengaruhi oleh varian atau jenis dari tanaman Cacao yang dijadikan sampel pada penelitian ini. Selanjutnya, lignin yang telah didapatkan digunakan sebagai adsorben penyerap ion logam Cu dalam larutan.

1. Variabel Waktu Kontak

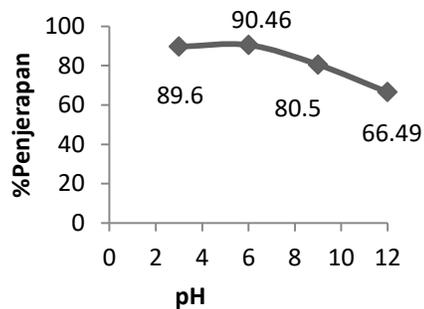


Gambar 1 Hubungan Waktu Kontak dengan %Penjerapan(Sumber: Hasil Penelitian)

Pengaruh waktu kontak terhadap proses penyerapan logam Cu oleh lignin kulit buah coklat dapat diketahui bahwa pencampuran lignin dengan sampel Cu pada waktu (10, 20, 30 Menit) menunjukkan kenaikan %Penjerapan secara signifikan yaitu 83.67, 84.81, 88.09 .

Untuk waktu (40, 50, 60 Menit) terjadi Kenaikan %Penjerapan tidak signifikan yaitu 89.49, 89.87. Sehingga semakin lama waktu pencampuran antara lignin dengan sampel Cu semakin banyak logam Cu yang terserap oleh lignin. Hal ini dikarenakan adsorben membutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan, pengadukan dimaksudkan memberi kesempatan pada partikel adsorben untuk bersinggungan dengan senyawa serapan.

2. Variabel pH



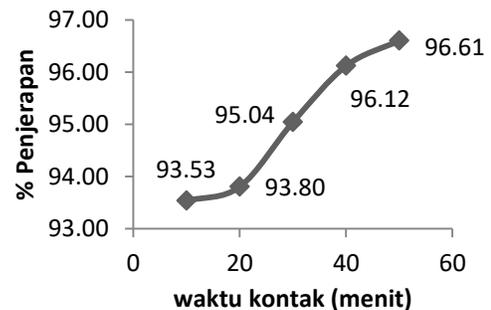
Gambar 2 Grafik Hubungan pH Larutan dengan % Penjerapan logam Cu(Sumber: Hasil Penelitian)

Sedangkan pada gambar 2 pencampuran lignin dengan sampel Cu pada suasana pH tertentu atau pH larutan yang divariabelkan menunjukkan bahwa pH mempengaruhi penyerapan logam Cu oleh lignin, Grafik hubungan antara pH larutan terhadap konsentrasi logam Cu berdasarkan gambar 4.3 menunjukkan pada pH 3 dan pH 6 terjadi Kenaikan %Penjerapan yaitu 89.60 % dan 90.46.%. Dan pada saat pH larutan diatas 7, penyerapan logam Cu semakin berkurang ditunjukkan dengan menurunnya %penjerapan yaitu pH 9 dengan 80.50% dan pH 12 dengan 66.49%. Hasil ini menunjukkan bahwa lignin tidak efektif pada suasana basa, kurang efektif pada suasana asam dan efektif pada suasana mendekati atau sama dengan pH Netral. Hal ini dikarenakan Pada pH yang lebih tinggi terjadi penurunan efisiensi penyerapan, hal ini diduga disebabkan oleh terbentuknya endapan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ sebagai akibat dari bertambahnya konsentrasi ion OH^- pada

larutan. Semakin besar pH juga menaikkan jumlah ion OH^- . Adanya ion OH^- akan berkompetisi dengan lignin untuk berinteraksi dengan logam tembaga (Cu). (Masruhin, 2016)

3. Rasio Lignin dengan Penambahan CaCO_3

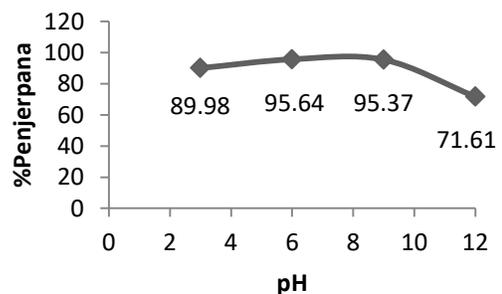
a. Variabel Waktu Kontak



Gambar 3. Grafik Hubungan Variasi Waktu Kontak dengan % Penjerapan Logam Cudengan Penambahan Larutan CaCO_3 (Sumber : Hasil Penelitian)

Berdasarkan dari grafik pada gambar 3 dapat diketahui bahwa semakin lama waktu kontak antara lignin + CaCO_3 dengan larutan logam Cu maka semakin banyak Logam Cu yang terserap, dimana diperoleh waktu optimum pada pH 50 yaitu 96.61%

b. Variabel pH



Gambar 4.5`Grafik Hubungan Variasi pH dengan % Penjerapan logam Cudengan Penambahan Larutan CaCO₃(Sumber: Hasil Penelitian)

pH optimum pada proses penyerapan lignin terhadap logam tembaga (Cu) yaitu diperoleh pada pH 6 dimana % Penjerapannya ialah 95.64. adapun rasio pH optimum pada proses penyerapan oleh lignin dengan penambahan CaCO₃ yaitu konsentrasi larutan Cu yang diadsorpsi lebih besar dibandingkan tanpa penambahan CaCO₃ yaitu % Penjerapan sebanyak 90.46% sedangkan dengan penambahan CaCO₃ konsentrasi Cu yang didapatkan dari hasil analisa yaitu sebanyak 95.64%

KESIMPULAN:

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. pH optimum yang diperoleh pada proses penyerapan Cu oleh lignin yaitu pada waktu pH 6 dengan % penjerapan pada logam Cu dalam larutan sebesar 90,46 % sedangkan pH optimum dengan penambahan CaCO₃ yaitu pada pH 6 dengan % penjerapan pada logam Cu dalam larutan sebesar 95,64 %.
2. Waktu optimum yang diperoleh pada proses penyerapan Cu oleh lignin yaitu pada waktu kontak 50 menit dengan % penjerapan pada logam Cu dalam larutan sebesar 89,87 % dan waktu optimum dengan penambahan CaCO₃ yaitu pada waktu kontak 50 menit dengan % penjerapan pada logam Cu dalam larutan sebesar 96,61 %.
3. pH optimum dan waktu optimum yang diperoleh pada proses penyerapan Cu dengan penambahan CaCO₃ yaitu pada pH 6 sebesar 95.64 % dan waktu kontak 50 menit sebesar 96.61 %.

UCAPAN TERIMA KASIH:

Penulis Mengucapkan banyak terimakasih kepada pembimbing Dr. Ir. Nurjannah, ST.,MT.,IPM dan Dr. Ir. Rismawati, ST.,MT.,IPM yang telah banyak membantu dan memberikan saran sehingga penelitian dan penyusunan tesis ini dapat terselesaikan. Para dosen yang tidak dapat penulis sebutkan satu

persatu yang telah memberikan motivasi dan dorongan sehingga penulis menyelesaikan studi ini. serta Ir. Mustafiah, ST.,MT.,IPP dalam membantu penyelesaian makalah ini.

Daftar Pustaka

- Ashadi, R. W. 1988. *Pembuatan Gula Cair dari Pod Coklat dengan Menggunakan Asam Sulfat, Enzim, serta Kombinasi Keduanya*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Atkins, P. W. (1999). *Physical Chemistry*. Dalam K. I., *Kimia Fisika*. Jakarta : Erlangga
- Barrow, G. (1979). *Physical Chemistry, 4th ed*. Tokyo : Mc Graw Hill International Book Company
- BPS Provinsi Sulawesi Tengah. 2013. *Luas Areal dan Produksi Tanaman Perkebunan Rakyat menurut Jenis Komoditi 2009-2013*.
- Drake, L. R., Rayson, G. D. (1996) Plantderived material for metal ion selective binding and preconcentration, *Analytical Chemistry*, 22-27.
- Darmono, (1995), *Logam Berat dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia
- Fitri, SyaifulBahri, Nurakhirawati, 2016, Biosorpsi Hg dengan Kulit Buah Kakao,Kovalen, 2(1)8-13, April 2016
- Fengel, D., & Wegener, G. (1985). *Kayu : Kimia Ultrastruktur Reaksi-Reaksi*. Dalam P. D. Satrohamidjojo. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Giequel, L., Wolbert, D. Laplanche, A. (1997) Adsorption of antrazine by powdered

- activated carbon: influence of dissolved organic and mineral matter of natural water, *Environmental Science and Technology* 18, 467-478.
- Girindra. (1990). *Biokimia 1*. Jakarta : PT. Gramedia
- Hergert, H. L. (1971). *Infrared Spectra*. Willey Interscience. 267-297. New York
- Khopkar (1990) *Konsep Dasar Kimia Analitik*, UI Press, Jakarta. Levine, I. N. (2002). *Physical Chemistry*. 5th edition. Mc Graw Hill, New York.
- Lelifajri, 2010, Adsorpsi Ion Logam Cu Menggunakan Lignin dari Limbah Serbuk Kayu Gergaji, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* Vol 7, No 3, 2010.
- Lopes, D. A. (1997) Sorption of heavy metals on blast furnace. *Water Resource*, 32, 989-996.
- Misran, E. 2009. Pemanfaatan Kulit buah kakao dan Kulit Kopi Sebagai Adsorben Ion Pb dalam Larutan. *SIGMA*. 12(1): 23 – 29.
- Maron, S., & Prutton, C. (1964). *Principles of Physical Chemistry* New York : The Macmillan Company.
- Muhammad N, Parr J, Smith MD, WheatleyAD. 1998. Adsorption of heavy metal inslow sand filters. *Proceedings of the 24th WEDC International Conference on Water Supply and Sanitation*. Durban, South Africa. 346-349.
- Purnamawati, H., Utami, B. 2014. Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*, L.) Sebagai Adsorben Zat Warna. *KKNI sebagai Landasan Peningkatan Kualitas Pembelajaran Sains*. Rhodamin B. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan (SNFPP) Ke-5. Surakarta, 13 September 2014. Surakarta: Pendidikan Fisika PMIPA Universitas Sebelas Maret. 5(1). Hlm 12-18.
- Palar h. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, PT Rineka Cipta Jakarta
- Purwaningtyas, Asri, (2010). Kajian Optimasi Proses PirolisisTongkol Jagung untuk Produksi Asap Cair, *Skripsi*.
- Pope JP. 2004. Activated carbon and some application for the remediation of soil and groundwater pollution. http://www.cee.vt.edu/program_areas/environmental/teach/gwprimer/group23.webpage.html. [8 Juni 2004].
- Rambe, M., Nata, A., & Herlina, N. (2013). Pengaruh Katalis NaOH Pada Proses Isolasi Liginin Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 2, No. 2* , 25-27.
- Ratih Langenati, dkk. (2012). *pengaruh jenis adsorben dankonsentrasi uranium terhadap pemungutan uranium dari larutan uranil nitrat*. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, BATAN, Serpong. 2-3.
- Sunanto, H. 1992. *Cokelat*. Yogyakarta: Kanisius.
- Wyman, C.E. 1987. Application of Corn Stover and Fiber. *Di dalam* White, Pamela J. dan Lawrence S. Johnson. 2003. *Corn: Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemist, Inc, St. Paul, Mennesota, USA
- Widowati, W., Sastiono, A., & Rumampuk, R. J. (2008). *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yokyakarta : C.V Andi Offset
- Misran, E. 2009. Pemanfaatan Kulit buah kakao dan Kulit Kopi Sebagai Adsorben Ion Pb dalam Larutan. *SIGMA*. 12(1): 23 – 29.
- Muhammad N, Parr J, Smith MD, WheatleyAD. 1998. Adsorption of heavy metal inslow sand filters. *Proceedings of the 24th WEDC*

-
- International Conference on Water Supply and Sanitation*. Durban, South Africa. 346-349.
- Pope JP. 2004. Activated carbon and some application for the remediation of soil and groundwater pollution. http://www.cce.vt.edu/program_areas/environmental/teach/gwprimer/group23.webpage.html. [8 Juni 2004].
- Purnamawati, H., Utami, B. 2014. Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*, L.) Sebagai Adsorben Zat Warna. *KKNI sebagai Landasan Peningkatan Kualitas Pembelajaran Sains*. Rhodamin B. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan (SNFPP) Ke-5. Surakarta, 13 September 2014. Surakarta: Pendidikan Fisika PMIPA Universitas Sebelas Maret. 5(1). Hlm 12-18.
- Rambe, M., Nata, A., & Herlina, N. (2013). Pengaruh Katalis NaOH Pada Proses Isolasi Liginin Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 2, No. 2*, 25-27.
- Ratih Langenati, dkk. (2012). *pengaruh jenis adsorben dankonsentrasi uranium terhadap pemungutan uranium dari larutan uranil nitrat*. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, BATAN, Serpong. 2-3.
- Terada, K., Matsumoto, K., & Kimura, H. (1983). Sorption of Copper (II) By Some Complexing Agents Loaded on Varioussupport. *Anal. Chim. Acta* 153: 273-247 .
- Wardiyati, S., & Lubis, W. Z. (2002). Pemanfaatan Kulit Coklat Untuk Penyerapan Logam Berat Timbal (Pb). *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2002*. Serpong: Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN.
- Widowati, W., Sastiono, A., & Rumampuk, R. J. (2008). *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Simanungkalit, & Yanti, L. (2015). *Tugas Akhir: Analisa Kadar Timbal (Pb) Dalam Tanah Yang Berasal dari Tanah Karo Secara Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)*. Medan.
- Subowo, Kurniansyah, A. M., & Sukristiyonubowo. (1999). Pengaruh Logam Berat Pb dalam Tanah terhadap Kandungan Pb, Pertumbuhan dan Hasil Tanam Caisem (*Brassica rapa*). *Prosiding Seminar Sumber Daya Tanah, Iklim dan Pupuk*. Bogor: Puslittanak.