

SINTESIS KARBON AKTIF DARI ARANG TEMPURUNG KELAPA LIMBAH MESIN BOILER SEBAGAI BAHAN PENYERAP LOGAM Cd, Cu dan Pb

ACTIVATED CARBON MADE OF COCONUT SHELL CHARCOAL FROM BOILER MACHINE WASTE AS ADSORBER OF Cd, Cu AND Pb

Doly Prima Silaban

Balai Riset dan Standarisasi Industri Manado
Jl. Diponegoro No. 21-23 Manado
e-mail : dolyprimasilaban@gmail.com

Diterima: 1 Juli 2018 ; Direvisi: 1 Agustus – 30 Oktober 2018; Disetujui: 26 November 2018

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan Karbon aktif dari arang tempurung kelapa limbah bahan bakar mesin boiler. Karbon aktif dibuat dengan tahapan dehidrasi pada oven listrik, karbonasi pada tanur listrik di suhu pada suhu 400°C selama 1 jam lalu aktivasi kimia dilakukan dengan merendam arang pada larutan Na₂CO₃ 5% (b/b) selama 24 jam. Aktivasi dilanjutkan dengan metode fisika menggunakan pemanasan pada suhu 600°C selama 1 jam dan dihaluskan serta disaring dengan ayakan 28 mesh. Karbon aktif yang diperoleh memenuhi SNI Syarat Mutu Arang Aktif Teknis No. 06-3730-1995 dengan parameter bagian yang hilang pada pemanasan 950°C = 18%, kadar air = 4,4%, kadar abu = 2,6% dan daya serap terhadap I₂ = 825 mg/g. Lalu dilakukan uji efektifitas penyerapan karbon aktif terhadap logam Cd, Cu dan Pb dan didapat bahwa peningkatan waktu kontak berbanding lurus dengan efektifitas penyerapan logam dengan rentang waktu kontak 15, 30, 45 dan 60 menit dan peningkatan konsentrasi berbanding terbalik terhadap efektifitas penyerapan logam Cd, Cu dan Pb pada konsentrasi 5, 10, 20 dan 40ppm. Dalam penelitian juga diketahui bahwa efektifitas penyerapan karbon aktif terhadap logam Cd, Cu dan Pb memiliki tingkat yang berbeda.

Kata Kunci : Karbon Aktif, Limbah Boiler, Penyerap Logam

ABSTRACT

Activated carbon made of coconut shell charcoal from boiler machine waste in desiccated coconut factory has been studied. For the first stage, coconut shell charcoal was dehydrated in electric oven afterward carbonated in electric furnace at 400° C for 1 hour and then chemically activated by soaking the charcoal in Na₂CO₃ 5% (w/w) solutions for 24 hours. For the next stage charcoal was physically activated at 600° C for 1 hour, milled and filtered by 28 mesh sieve. Activated carbon was then examined and the result complied with Indonesian National Standard (SNI) Quality Requirement of Activated Carbon No. 06-3730-1995, loss of ignition at 950° C = 18%, water content =4.4%, ash content = 2.6% and adsorption of I₂ = 825 mg/g. Effectivity of activated carbon to adsorb Cd, Cu and Pb metals also tested. As the result, we obtained that adsorption effectivity of activated carbon proportional with time (15, 30, 45 and 60 minutes) and inversely proportional with concentration of metals (5, 10, 20, 40 ppm). In this study, we found that activated carbon had different levels of effectivity to adsorb Cd, Cu and Pb metals in mix solution.

Keywords : Activated carbon, boiler waste, metal adsorber

PENDAHULUAN

Limbah merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi oleh industri, sehingga diperlukan solusi yang tepat dalam penanganan limbah industri sehingga tidak menimbulkan masalah bagi lingkungan atau

bahkan dapat meningkatkan nilai dari limbah tersebut. Limbah yang dihasilkan oleh industri pembuatan tepung kelapa antara lain berupa limbah cair dan limbah padat. Limbah padat yang dihasilkan yaitu arang tempurung kelapa yang merupakan

limbah pembakaran mesin boiler dapat dilakukan pengolahan kembali untuk meningkatkan nilai dari limbah tersebut. Peningkatan teknologi industri yang cepat berdampak pada peningkatan polusi yang berkelanjutan, maka usaha yang lebih perlu dilakukan untuk meminimalisir efek limbah dan mengurangi dampak berbahayanya pada hewan tanaman dan manusia (Al-Omar, 2007). Salah satu pengolahan arang tempurung kelapa yaitu menjadi bahan baku pembuatan karbon aktif atau arang aktif yang berguna dalam pengolahan air minum atau air limbah sebagai penyerap logam-logam berat.

Karbon aktif yaitu suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% senyawa karbon. Selain untuk bahan bakar, karbon dapat digunakan sebagai penyerap. Karbon aktif dapat dihasilkan dari beberapa bahan yang mengandung banyak karbon seperti kayu, serbuk gergajian kayu, kulit biji, sekam padi, tempurung, gambut, bagase, batu bara, lignit dan tulang binatang (Lempang, 2014). Aktivasi meningkatkan ukuran pori-pori karbon aktif dan membentuk pori-pori yang saling berikatan, dengan adanya peningkatan volume pori mikro (lebar pori < 2nm) dan luas permukaan internal (Zaid, 2013).

Efektifitas penyerapan karbon aktif terhadap logam berat perlu diketahui dengan baik, sehingga pabrik pembuatan tepung kelapa dapat mempertimbangkan pemanfaatan limbah arang tempurung kelapa untuk menjadi karbon aktif. Karbon aktif yang dihasilkan dapat digunakan oleh pabrik pembuatan tepung kelapa dalam pengelolaan limbah cair pabrik yang mengandung logam-logam berat.

Kadmium (Cd) merupakan unsur yang memiliki sebaran 0.1 mg/kg di lkerak bumi. Konsentrasi tinggi kadmium ditemukan pada batuan sulfida. Senyawa-senyawa anorganiknya larut dalam air, contohnya klorida, sulfat dan asetat tetapi oksida dan sulfidanya memiliki kelarutan yang rendah (Sarkar, 2002). Kadmium biasanya ditemukan bersama seng. Konsumsi kadmium yang tinggi dapat menyebabkan

iritasi perut dan menyebabkan muntah dan diare (Nordberg, 1973)

Tembaga (Cu) merupakan jenis logam berat esensial. Tembaga penting dalam pembentukan hemoglobin, berperan dalam metabolisme oksigen dan sistem enzim (misal sitrokromosidae yang berperan dalam oksidasi fosforilasi), serta merupakan zat pigmen pada bulu (Darmono, 1995). Namun dalam jumlah besar akan dapat menimbulkan rasa tidak enak pada lidah, selain itu dapat menyebabkan kerusakan pada hati.

Timbal (Pb) adalah logam berat yang berwarna kelabu kebiruan (Anies, 2006) dan merupakan salah satu logam berat non-esensial. Keracunan Pb yang akut dapat menimbulkan gangguan fisiologis dan efek keracunan yang kronis pada anak yang sedang mengalami tumbuh kembang akan menyebabkan gangguan pertumbuhan fisik dan mental (Saleh, 2012).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui efektifitas penyerapan arang aktif dengan berbagai bahan dan metode aktivasi kimia, antara lain aktivasi kimia dengan menggunakan $ZnCl_2$ (Meisrilestari, 2013)(Pambayun, 2013) (Bernard, 2013), KOH (Moreno, 2012) , H_3PO_4 (Bohli, 2012) sebagai aktivator. Penggunaan Na_2CO_3 5% sebagai aktivator arang aktif yang berasal dari tempurung kelapa telah dilakukan untuk mengetahui kapasitas penyerapannya terhadap Fenol (Pambayun, 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dan efektifitas arang aktif tempurung kelapa limbah bahan bakar mesin boiler pabrik pembuatan tepung kelapa dalam menyerap logam-logam berat Cd, Cu dan Pb sehingga dapat memberikan referensi kepada industri pembuatan tepung kelapa dalam pengelolaan limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Arang tempurung kelapa limbah bahan bakar mesin boiler pabrik

pembuatan tepung kelapa, Larutan Na_2CO_3 5% (w/w), Standar Cd 1000 ppm (Merck), Standar Standar Pb 1000 ppm (Merck), Standar Standar Cu 1000 ppm (Merck), HNO_3 (p.a) (Sigma Aldrich).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Tanur Listrik (Thermo), *Magnetic Stirrer*, Oven (memmert), Spektrofotometer Serapan Atom AA900F (Perkin Elmer).

Pembuatan arang aktif tempurung kelapa

Pembuatan arang aktif tempurung kelapa dilakukan melalui tahapan dehidrasi karbonasi dan aktivasi. Pada tahapan dehidrasi arang tempurung limbah bahan bakar mesin boiler pabrik pembuatan tepung kelapa dikeringkan didalam oven listrik pada suhu 105°C selama 2 jam dan ditanur pada suhu 400°C selama 1 jam untuk memperoleh pengarangan sempurna dari bahan yang digunakan. Arang tempurung kelapa kemudian diaktivasi kimia dengan perendaman dalam larutan Na_2CO_3 5% (w/w) selama 24 jam dan dilanjutkan dengan pencucian arang menggunakan aquadest sampai pH 7-8. Proses selanjutnya yaitu pirolisis pada suhu 600°C selama 1 jam di dalam tanur listrik. Kemudian arang aktif yang diperoleh dihaluskan sampai lolos ayakan 28 mesh.

Arang aktif yang dihasilkan diuji sesuai dengan Standar Arang Aktif SNI 06-3730-1995 dengan parameter bagian yang hilang pada pemanasan 950°C , Kadar Air, kadar abu dan daya serap terhadap I_2 .

Uji Pengaruh Efektifitas Penyerapan arang aktif terhadap logam berat Pb, Cd dan Cu.

Konsentrasi larutan campuran logam berat Pb, Cd dan Cu yang digunakan yaitu 5ppm, 10ppm, 20ppm dan 40ppm. Larutan ini dibuat dengan menambahkan sebanyak 500 μl , 1000 μl , 2000 μl dan 4000 μl larutan standar 1000 ppm masing-masing logam kedalam labu ukur 100 ml dan diencerkan menggunakan aquabidest sampai garis tanda, kemudian dianalisa konsentrasinya dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) sebelum digunakan dalam perlakuan dengan karbon aktif. Uji efektifitas penyerapan karbon aktif terhadap logam berat Cd, Cu dan Pb dilakukan dengan menambahkan 0,5g karbon aktif pada 20 ml larutan campuran logam berat dengan variabel konsentrasi awal logam berat 5ppm, 10ppm, 20ppm dan 40ppm dan variabel waktu kontak arang aktif dan larutan yang diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit, 30 menit, 60 menit dan 90 menit.

Tabel 1. Kondisi Optimal peralatan Spektrofotometer serapan atom

Logam	Mode lampu	Panjang Gelombang (nm)	Kondisi Optimal		
			Waktu pengukuran (detik)	Slit Width (nm)	Current (mA)
Cd	BGC-D2	228,8	7	0,5	8
Cu	BGC-D2	324,8	7	0,5	6
Pb	BGC-D2	283,3	7	0,5	10

Pengujian kadar logam berat Cd, Cu dan Pb dilakukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan atom (SSA) AA7000 Shimadzu metode nyala api pada panjang gelombang 283.3 nm untuk logam Pb dan 228.8 nm untuk Cd. Analisa data

hasil pengujian penyerapan arang aktif terhadap logam berat Cd, Cu dan Pb secara statistik untuk mengetahui efektifitasnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karbon aktif yang diperoleh pada penelitian diuji sesuai Syarat Mutu Arang Aktif Teknis SNI No. 06-3730-1995 dengan parameter bagian yang hilang pada pemanasan 950° C, kadar air, kadar abu dan daya serap terhadap I₂.

Tabel 2. Kualitas karbon aktif dari arang tempurung kelapa limbah bahan bakar mesin boiler

No	Parameter	Satuan	Hasil	Syarat SNI
1	Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C	%	18	maks. 25
2	Kadar Air	%	4,4	maks. 15
3	Kadar abu	%	2,6	maks. 10
4	Daya serap terhadap I ₂	mg/g	825	min. 750

Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C disebut juga dengan kadar zat menguap. Kadar zat menguap merupakan hasil dekomposisi zat-zat penyusun karbon aktif akibat proses pemanasan selama karbonisasi dan bukan komponen penyusun karbon aktif (Pari, 2004). Karbon aktif yang diperoleh pada penelitian ini memiliki bagian yang hilang 18%, nilai ini memenuhi syarat mutu arang aktif teknis SNI yaitu maksimal 25%.

Kadar air dan kadar abu pada penelitian ditentukan dengan menggunakan metode gravimetri. Kadar air mempengaruhi kualitas penyerapan karbon aktif karena tingginya kadar air akan mengurangi daya serap karbon aktif terhadap gas maupun cairan. Kadar air dari karbon aktif hasil penelitian sebesar 4,4% masih memenuhi standar yang ditetapkan SNI yaitu maksimal 15%. Penetapan kadar abu karbon aktif dilakukan untuk mengetahui kandungan oksida logam dalam karbon aktif. Oksida logam merupakan persenyawaan antara logam

dengan oksigen. Kadar abu diasumsikan sebagai sisa mineral yang tertinggal pada saat dibakar, karena bahan alam sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif tidak hanya mengandung senyawa karbon tetapi juga mengandung beberapa mineral, dimana sebagian dari mineral ini telah hilang pada saat karbonisasi dan aktivasi, sebagian lagi diperkirakan masih tertinggal dalam karbon aktif (Suhendarwati, 2013). Kadar abu yang diperoleh dari karbon aktif hasil penelitian yaitu 2,6 % memenuhi standar yang ditetapkan SNI yaitu maksimal 10%.

Daya adsorpsi karbon aktif terhadap iod memiliki korelasi dengan luas permukaan dari karbon aktif. Semakin besar angka iod maka semakin besar kemampuannya dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut. Untuk bilangan lodin akan semakin bertambah, daya serap terhadap iod semakin besar dengan kenaikan suhu, ini berarti bahwa kualitas arang aktif akan semakin baik dalam penyerapan warna. Luas area permukaan pori merupakan suatu parameter yang sangat penting dalam menentukan kualitas dari suatu karbon aktif sebagai adsorben. Hal ini disebabkan karena luas area permukaan pori merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Karbon aktif hasil penelitian memiliki daya serap terhadap I₂ sebesar 825 mg/g dan memenuhi standar yang ditetapkan SNI yaitu minimal 750 mg/g.

Konsentrasi Awal Larutan Campuran logam Cd, Cu dan Pb

Kurva kalibrasi pengujian konsentrasi logam dalam larutan diperoleh Cu ($r = 0,9992$); Cd ($r = 0,9987$) dan Pb ($r = 0,9986$).

Larutan campuran logam Pb, Cd dan Cu yang digunakan diukur terlebih dahulu konsentrasi awalnya.

Tabel 3. Nilai konsentrasi awal larutan logam berat Pb, Cd dan Cu

Logam	Konsentrasi yang diharapkan (ppm)	Konsentrasi hasil pengukuran (ppm)
Cd	5	4.64
	10	8.41
	20	19.16
	40	40.56
Cu	5	5.64
	10	9.55
	20	20.74
	40	40.11
Pb	5	4.97
	10	10.58
	20	21.16
	40	39.26

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Daya Serap Logam Berat

Konsentrasi larutan campuran 5 ppm

Pada konsentrasi larutan campuran 5 ppm, efektifitas penyerapan arang aktif terhadap logam Pb dan Cu mencapai 100% pada waktu kontak 15, 30, 45 dan 60 menit. Efektifitas penyerapan logam Cd mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu kontak, nilai efektifitas penyerapan tertinggi sebesar 52,59% didapatkan pada waktu kontak 60 menit.

Konsentrasi larutan campuran 10 ppm

Sedangkan untuk larutan campuran 10 ppm, efektifitas penyerapan arang aktif terhadap logam Cd menjadi 0% tetapi untuk logam Pb dan Cu mengalami peningkatan efektifitas penyerapan seiring dengan bertambahnya waktu kontak, nilai efektifitas penyerapan tertinggi logam Pb sebesar 53,33% dan penyerapan tertinggi logam Cu didapatkan 36,08% di waktu kontak 60 menit.

Konsentrasi larutan campuran 20 ppm

Pada konsentrasi larutan campuran 20 ppm, efektifitas penyerapan arang aktif terhadap logam Cd menjadi 0% pada waktu kontak 15, 30, 45 dan 60 menit dan pada logam Pb dan Cu mengalami peningkatan efektifitas penyerapan seiring dengan bertambahnya waktu kontak, nilai efektifitas penyerapan tertinggi logam Pb sebesar 36,48% dan penyerapan tertinggi logam Cu didapatkan 15,73% pada waktu kontak 60 menit.

Konsentrasi larutan campuran 40 ppm

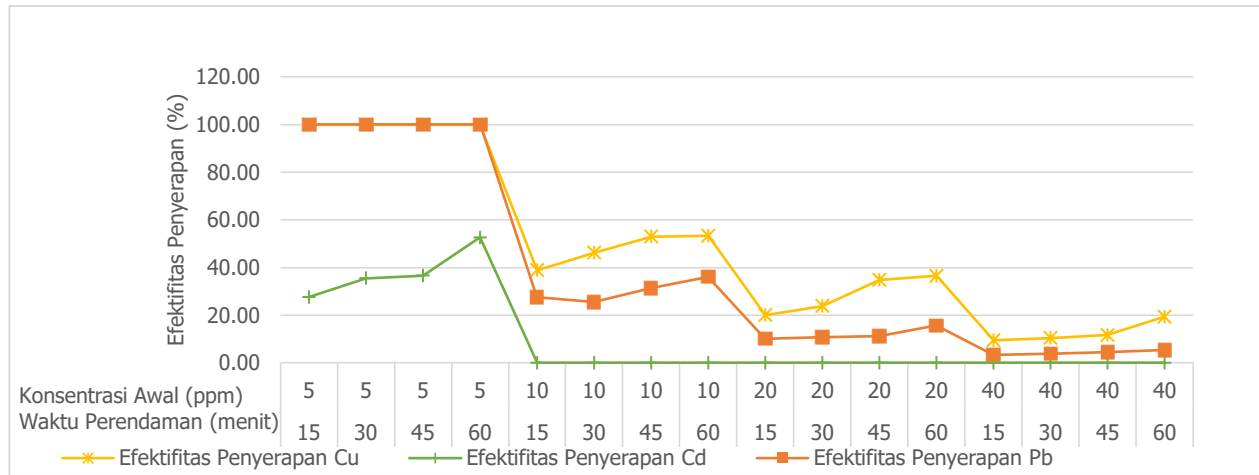
Pada konsentrasi larutan campuran 40 ppm, efektifitas penyerapan arang aktif terhadap logam Cd menjadi 0% pada waktu kontak 15, 30, 45 dan 60 menit dan pada logam Pb dan Cu mengalami peningkatan efektifitas penyerapan seiring dengan bertambahnya waktu kontak, nilai efektifitas penyerapan tertinggi logam Pb sebesar 19,35% dan penyerapan tertinggi logam Cu didapatkan 5,38% pada waktu kontak 60 menit.

Berdasarkan hasil pengaruh waktu kontak terhadap efektifitas penyerapan logam berat Pb, Cd dan Cu diketahui bahwa efektifitas penyerapan arang aktif berbanding lurus logam berbanding lurus terhadap waktu kontak. Berdasarkan data didapat bahwa tingkat efektifitas penyerapan arang aktif terhadap logam $Cd < Pb < Cu$. Sehingga arang aktif lebih efektif dalam melakukan penyerapan logam Cu dalam larutan campuran logam.

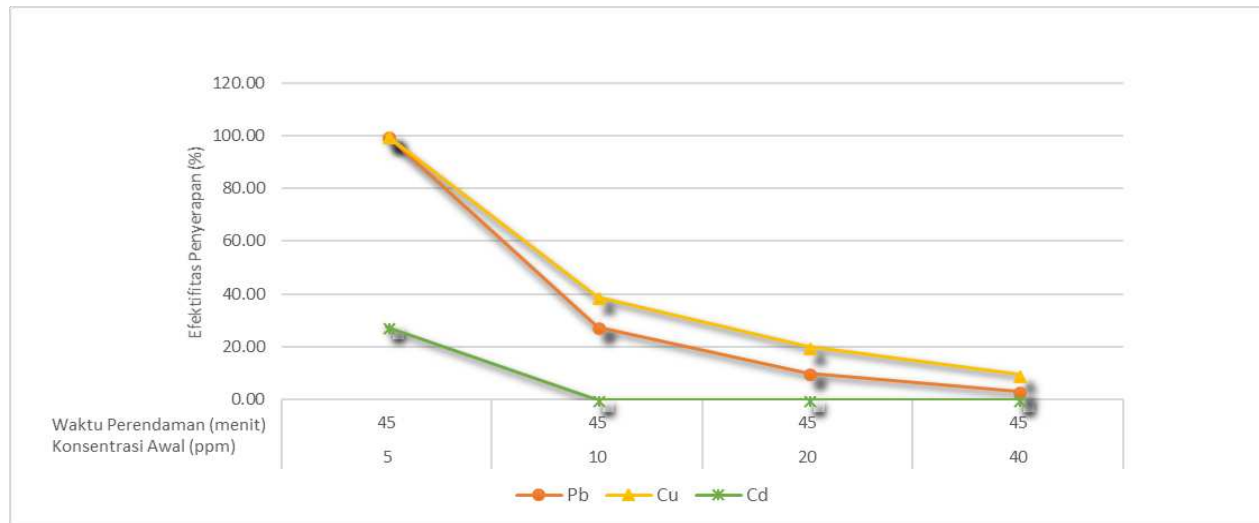
Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Daya Serap Logam Berat

Pengamatan dilakukan pada waktu perendaman arang aktif selama 45 menit, efektifitas penyerapan arang aktif berbanding terbalik terhadap peningkatan konsentrasi logam campuran dalam larutan

Penyerapan terhadap logam Pb dan Cu mencapai 100% pada konsentrasi 5ppm dan mencapai titik terendah pada konsentrasi 40ppm yaitu sebesar 4,36% dan 9,46%.



Gambar 1. Pengaruh waktu kontak terhadap efektifitas penyerapan logam berat Cd, Cu dan Pb



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap daya serap logam berat Cd, Cu dan Pb

Untuk logam Cd hanya diserap arang aktif pada konsentrasi 5ppm yaitu sebesar 27,59% sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi logam Cd tidak diserap lagi oleh arang aktif atau efisiensi penyerapannya menjadi 0%. Hal ini menunjukkan arang aktif lebih efektif dalam menyerap Cu dalam larutan campuran.

Pengujian Pola Isoterm Adsorpsi

Pengujian pola isoterm adsorpsi yang sesuai untuk proses penyerapan logam Cd, Cu dan Cd oleh karbon aktif dilakukan dengan perhitungan menggunakan

persamaan Langmuir dan Freundlich pada waktu kontak 15 menit. Untuk menentukan persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich maka dihitung harga x/m , $C_e/(x/m)$, $\log C_e/(x/m)$ dan $\log C_e$ seperti yang terlihat pada Tabel. Dari Tabel maka dilakukan pemetaan grafik menggunakan Excel dengan memplotkan harga $C_e/(x/m)$ versus C_e untuk mendapatkan persamaan Langmuir dan memplotkan $\log (x/m)$ versus $\log C_e$ untuk mendapatkan persamaan Freundlich (Murni, 2009). Hasil pemetaan dengan grafik seperti terlihat pada Gambar di bawah ini.

Tabel 4. Perhitungan harga x/m , $C_e/(x/m)$, $\log(x/m)$ dan $\log C_e$ pada penyerapan logam Cu

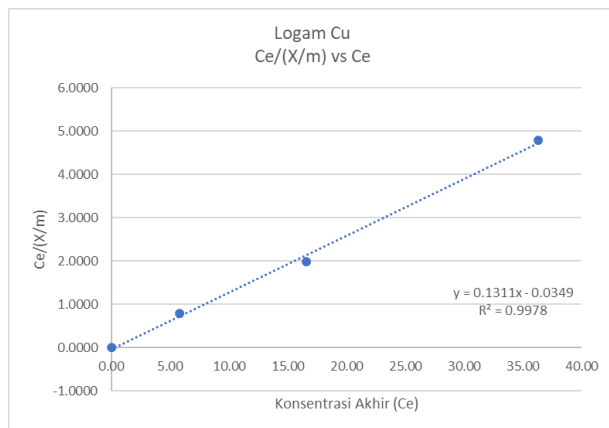
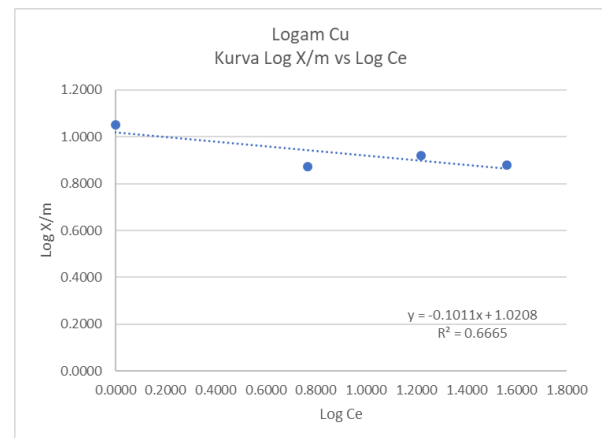
No	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm)	X/m (mg/gr)	$C_e/(X/m)$	$\log(x/m)$	Log C_e
1	5.64	0.00	11.28	0.0000	1.0523	0.0000
2	9.55	5.83	7.44	0.7836	0.8716	0.7657
3	20.74	16.58	8.33	1.9898	0.9206	1.2195
4	40.11	36.32	7.59	4.7846	0.8802	1.5601

Tabel 5. Perhitungan harga x/m , $C_e/(x/m)$, $\log(x/m)$ dan $\log C_e$ pada penyerapan logam Pb

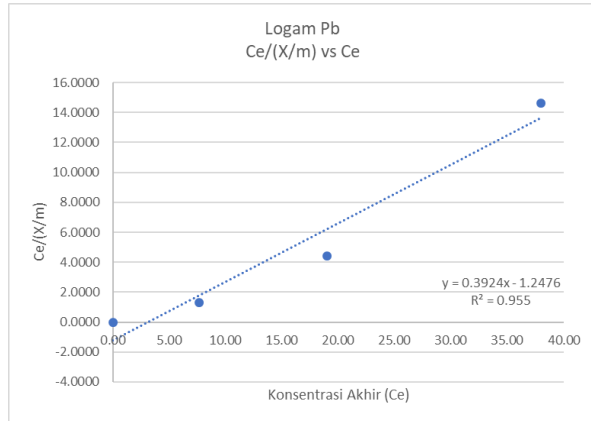
No	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm)	X/m (mg/gr)	$C_e/(X/m)$	$\log(x/m)$	Log C_e
1	4.97	0.00	9.94	0.0000	0.9974	0
2	10.58	7.67	5.83	1.3162	0.7653	0.8846
3	21.16	19.01	4.30	4.4241	0.6332	1.2790
4	39.26	37.96	2.59	14.6338	0.4140	1.5794

Tabel 6. Perhitungan harga x/m , $C_e/(x/m)$, $\log(x/m)$ dan $\log C_e$ pada penyerapan logam Cd

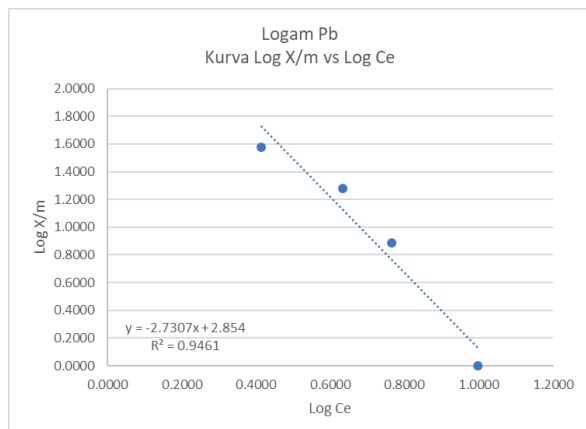
No	Konsentrasi awal	Konsentrasi akhir	X/m (mg/gr)	$C_e/(X/m)$	$\log(x/m)$	Log C_e
1	4.64	3.36	2.56	1.3125	0.4082	0.5263
2	8.41	8.41	0.00	0.00	0.00	0.9248
3	19.16	19.16	0.00	0.00	0.00	1.2824
4	40.56	40.56	0.00	0.00	0.00	1.6081

Gambar 3. Persamaan adsorpsi isoterm Langmuir Logam Cu dari $C_e/(x/m)$ versus C_e Gambar 4. Persamaan adsorpsi isoterm Freundlich Logam Cu dari $\log(x/m)$ versus $\log C_e$

Untuk penyerapan arang aktif terhadap Logam Cu persamaan adsorpsi isoterm langmuir lebih cocok digunakan dengan $R^2 = 0,9978$.



Gambar 5. Persamaan adsorpsi isoterm Langmuir Logam Pb dari $Ce/(x/m)$ versus Ce



Gambar 6. Persamaan adsorpsi isoterm Freundlich Logam Pb dari $\log(x/m)$ versus $\log Ce$

Untuk penyerapan arang aktif terhadap Logam Pb persamaan adsorpsi isoterm Langmuir lebih cocok digunakan dengan $R^2 = 0,9550$.

Penyerapan arang aktif terhadap logam Cd hasil penelitian belum dapat dibuat isoterm langmuir dan freundlichnya dikarenakan logam Cd tidak diserap oleh arang aktif pada konsentrasi 10, 20 dan 40 ppm.

KESIMPULAN

Tempurung kelapa limbah bahan bakar mesin boiler pabrik pembuatan tepung kelapa dapat dijadikan arang aktif dan memenuhi standar mutu arang aktif sesuai Syarat Mutu Arang Aktif Teknis SNI No. 06-3730-1995. Arang aktif ini memiliki dapat menyerap logam berat Cd, Cu dan Pb dan efektifitas penyerapannya berbanding lurus terhadap waktu kontak arang aktif dalam larutan. Konsentrasi larutan juga berpengaruh terhadap efektifitas penyerapan arang aktif terhadap logam berat, semakin tinggi konsentrasi larutan maka efektifitas penyerapan semakin rendah. Efektifitas penyerapan arang aktif dari tempurung kelapa limbah bahan bakar mesin boiler terhadap logam berat $Cu > Pb > Cd$. Persamaan adsorpsi isoterm langmuir cocok digunakan untuk menggambarkan penyerapan arang aktif terhadap logam Cu ($R^2 = 0,9978$) dan Pb ($R^2 = 0,9550$).

DAFTAR PUSTAKA

- Anies. (2006). Waspada Ancaman Penyakit Tidak Menular : Solusi Pencegahan dari Aspek Perilaku dan Lingkungan. Jakarta. PT Elex Media Komputindo .
- Bernard, E., Jimoh, A., Odigire, J. O. (2013). Heavy Metals Removal from Industrial Wastewater by Activated Carbon Prepared from Coconut Shell. Research Journal of Chemical Sciences. ISSN 2231-606X Vol. 3(8), 3-9, August.2013.
- Bohli, A., Ouederni, N., Fiol. (2012). Villaescusa I. Uptake Of Cd^{2+} And Ni^{2+} Metal Ions From Aqueous Solutions By Activated Carbons Derived From Waste Olive Stones. International Journal Of Chemical Engineering And Applications, Vol. 3, No. 4, August. DOI: 10.7763/IJCEA.2012.V3.192
- Darmono. (1995). Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Jakarta. UI Press.
- Nordberg, G., Slorach, S., Stenstrom, T. (1973). [Swedish] Lakartidningen 70(7):601–604.
- Lempang, M. (2014). Pembuatan Dan Kegunaan Arang Aktif. Info Teknis EBONI. vol. 11 No. 2. Desember 2014. Hal : 66 dan 71.

- Meisrilestari, Y., Khomaini, R., Wijayanti, H. (2013). Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia Dan Fisika-Kimia. *Konversi*. Volume 2 No. 1 April 2013.
- Moreno, J. C., Giraldo, L. (2012). Heavy Metal Ions Adsorption from Wastewater Using Activated Carbon from Orange Peel. *E-Journal of Chemistry* 2012, 9 (2), 926-937. ISSN: 0973-4945; CODEN ECJHAO.
- Murni, H., Eko, S. (2009). Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN Bandung, 3 Juni 2009. Hal: 132-135
- Pambayun, G. S., Remigius, Y. E., Yulianto M., Rachimoellah, Endah, P. (2013). Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa Dengan Aktivator $ZnCl_2$ Dan Na_2CO_3 Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol Dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits* Vol. 2, No. 1. ISSN: 2337-3539. Surabaya.
- Pari, G. (2004). Kajian Struktur Arang Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Adsorben Formaldehida Kayu Lapis. [disertasi]. Bogor (ID): Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Saleh, Chairil. (2012). Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Limbah Lindi Sebagai Kontrol Pemenuhan Baku Mutu Sesuai Kepmen 03/91 (Studi Kasus Pada Tpa Supit Urang Malang). *Media Teknik Sipil*, Volume 10, Nomor 2, Agustus 2012: 87 – 94.
- Sarkar, B. (2002). *Heavy Metals in the Environment*. Marcel Dekker, Inc. New York. pages 233-234.
- Standar Nasional Indonesia. (1995). *Syarat Mutu Arang Aktif Teknis*. SNI No. 06-3730-1995. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Suhendarwati, L., Suharto, B., Susanawati, L.D. (2013). Pengaruh Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida Pada abu Dasar Ampas Tebu Teraktivasi. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*
- Zaid, K. C., et al. (2013). *Activated Carbon: Solutions for Improving Water Quality*. American Water Works Association. Page : 3.