

KARAKTERISASI ADSORBEN DARI KULIT MANGGIS DAN KINERJANYA PADA ADSORPSI LOGAM Pb(II) DAN Cr(VI)

(*Adsorbent Characterization from Mangosteen Peel and Its Adsorption Performance on Pb(II) and Cr(VI)*)

Ulfa Haura¹, Fachrul Razi² dan Hesti Meilina²

¹Program Studi Magister Teknik Kimia Prog Pascasarjana Universitas Syiah Kuala, Jl. Teungku Syeh Abdul Rauf No.7 Darussalam, Banda Aceh, Indonesia

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Jl. Teungku Syeh Abdul Rauf No.7 Darussalam, Banda Aceh, Indonesia
e-mail: ulfahaura.chemeng08@gmail.com

Naskah diterima 28 Februari 2017, revisi akhir 17 Maret 2017 dan disetujui untuk diterbitkan 20 Maret 2017

ABSTRAK. Penggunaan adsorben berbasis limbah biomassa untuk adsorpsi kandungan logam berbahaya dari limbah cair industri selain dapat mengurangi limbah juga dapat menekan harga jual adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik adsorben yang terbuat dari limbah kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.) dan arang aktif dari limbah kulit manggis serta membandingkan kinerja kedua jenis adsorben tersebut pada proses adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cr(VI). Limbah sintesis yang digunakan berupa ion dari Pb(II) dan Cr(VI) dari larutan $Pb(NO_3)_2$ dan $K_2Cr_2O_7$ dengan variasi konsentrasi awal 20, 40, 80, 100 dan 200 mg/L. Proses adsorpsi dilakukan pada pH 5, rasio perbandingan berat adsorben dan volume larutan limbah 1:200, kecepatan pengadukan 60 rpm, adsorben berukuran nano dengan berat adsorben 0,5 g. Masing-masing adsorben dikarakterisasi menggunakan SEM untuk mengetahui struktur morfologi, FTIR untuk mengetahui gugus fungsi dan SEM-EDS untuk mengetahui komponen kimia yang terkandung dalam adsorben tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik kedua jenis adsorben memenuhi syarat mutu sesuai SNI 06-3730-1995. Kapasitas adsorpsi tertinggi dari karbon aktif untuk menyerap Pb(II) dan Cr(VI) masing-masing 38,543 mg/g dan 36,838 mg/g, sedangkan kapasitas adsorpsi tertinggi biosorben untuk menyerap Pb(II) dan Cr(VI) masing-masing 36,98 mg/g dan 36,12 mg/g.

Kata kunci: adsorpsi, biosorben, Cr(VI), kulit manggis, Pb(II)

ABSTRACT. The usage of biomass waste-based adsorbent for the adsorption of hazardous metal in wastewater is not only reducing waste but also lowering adsorbent price. This research aims to study the characteristics of adsorbent from mangosteen peel (*Garcinia Mangostana* L.) and activated charcoal from mangosteen peel, also to compare the adsorption performance on metal ion Pb(II) and Cr(VI). Synthetic wastewater used from a solution of $Pb(NO_3)_2$ and $K_2Cr_2O_7$ with variations in initial concentration of 20, 40, 80, 100 and 200 mg/L. Adsorption performed at pH 5, ratio of adsorbent and waste solution 1/200 (w/v), 60 rpm, 0.5 gs nano-sized adsorbent. Characterization using SEM, FTIR and SEM-EDS showed that both adsorbents characteristics met the requirements of SNI 06-3730-1995. The highest adsorption capacity of activated carbon to adsorb Pb(II) and Cr(VI) were 38.543 mg/g and 36.838 mg/g while biosorbent adsorb Pb(II) and Cr(VI) respectively 36.98 mg/g and 36.12 mg/g.

Keywords: adsorption, biosorbent, Cr(VI), mangosteen peel, Pb(II)

1. PENDAHULUAN

Adsorpsi merupakan salah satu cara efektif untuk menyerap kandungan berbahaya yang terdapat pada limbah cair dan sering dilakukan dalam proses penanganan limbah cair industri. Adsorben yang digunakan untuk proses adsorpsi relatif mahal sehingga diperlukan adsorben yang lebih murah dan ramah lingkungan, misalnya yang berasal dari limbah biomassa. Adsorben yang diperoleh dari bahan baku limbah, selain mengurangi beban limbah padat di lingkungan sekitar juga dapat menekan harga jual dari adsorben tersebut.

Walaupun jika dibandingkan arang aktif harga biosorben yang dihasilkan dari limbah padat lebih murah (Mohammed, *et al.*, 2014), arang aktif memiliki beberapa keunggulan diantaranya mengandung sekitar 85-95% karbon (Gultom dan Lubis, 2014), memiliki porositas yang tinggi, luas permukaan yang lebih besar dan kekuatan mekanik yang tinggi (El-Wakil, *et al.*, 2014). Menurut Danarto (2007), pasir yang dilapisi besi oksida dapat dijadikan *activated carbon* (arang aktif) untuk menyerap Cr(VI) dalam larutan dengan kapasitas penyerapan optimum sebesar 14,7 mg/g adsorben.

Sejauh ini telah dilakukan penelitian tentang penggunaan adsorben ramah lingkungan yang diperoleh dari limbah atau biomassa. Kurniawan *et.al* (2013) melaporkan bahwa biji sirsak mempunyai kemampuan sebagai biosorben penyerap ion Pb(II) dan Cu(II). Earnestly (2007) menyatakan bahwa ukuran adsorben tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap proses adsorpsi berdasarkan hasil penelitiannya yang menggunakan kulit manggis sebagai biosorben untuk menyerap ion logam Pb(II), Ni(II), Cd(II) dan Cr(VI).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik adsorben yang terbuat dari limbah kulit manggis (*Garcinia Mangostana L.*) dan arang aktif dari limbah kulit manggis pada proses adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cr(VI) serta membandingkan kinerja kedua jenis adsorben tersebut dalam penyisihan ion logam Pb(II) dan Cr(VI).

2. METODE PENELITIAN

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian yaitu kulit manggis didapat dari tempat pembuangan sampah sementara kemudian dibersihkan dan dikeringkan. Kulit manggis yang akan digunakan sebagai biosorben diperkecil ukurannya menggunakan *mill* khusus nanopartikel hingga berukuran nano. Kulit manggis yang digunakan sebagai arang aktif dilakukan proses karbonisasi di dalam *furnace tube* selama 2 jam dengan temperatur 450°C. Setelah mengalami proses karbonisasi, kulit manggis yang sudah menjadi arang aktif dihancurkan dalam *mill* hingga berukuran nano.

Uji Karakterisasi Adsorben

1. Uji Methylene Blue (MB)

Uji *methylene blue* (MB) dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari masing-masing adsorben dalam menyerap warna pada ukuran partikel > 10 Å. Untuk melarutkan MB digunakan alkohol sebagai pelarutnya. Uji *methylene blue* dilakukan dengan variasi konsentrasi yaitu 20, 80 dan 200 mg/L. Analisis konsentrasi MB dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 664 nm (Ahda, dkk., 2013).

2. Uji Iodin

Uji iodin dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari masing-masing adsorben dalam menyerap warna pada ukuran partikel <10 Å dimana larutan KI digunakan sebagai pelarut iodin. Uji iodin dilakukan pada 3 variabel konsentrasi yaitu 20, 80 dan 200 mg/L. Untuk mengetahui konsentrasi iodin, digunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 615 nm.

Analisis Gugus Fungsi dan Komponen Kimia Penyusun Adsorben

Analisis gugus fungsi dilakukan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang ada pada adsorben. Analisis gugus fungsi adsorben dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) pada interval bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1} , sedangkan untuk analisis komponen kimia penyusun adsorben digunakan SEM-

EDS atau SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopes Energy Dispersive X-ray*).

Struktur Morfologi Adsorben

Analisis SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk mengetahui struktur permukaan dan ukuran partikel dari masing-masing adsorben. Alat SEM yang digunakan adalah *Jeol JED-2200 Series* buatan Jepang.

Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan secara *batch* dimana adsorben seberat 0,5 g dimasukkan ke dalam *beaker glass* 250 mL yang telah diisi 100 mL larutan sampel ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ atau $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) dengan variasi konsentrasi 20, 40, 80, 100 dan 200 mg/L. Proses adsorpsi dilakukan pada pH 5 dengan kecepatan pengadukan 60 rpm selama 120 menit. Sampel sebanyak 10 mL diambil untuk dianalisis konsentrasinya menggunakan AAS (*Atomic Adsorption Spectrometry*) pada setiap interval waktu 20 menit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

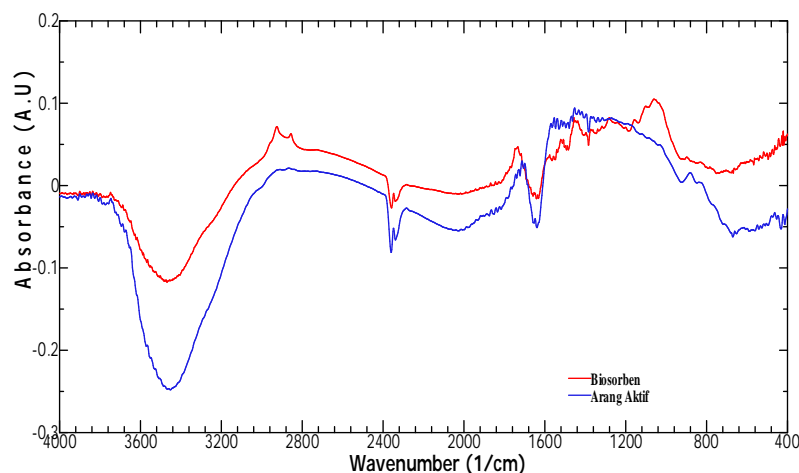
Gugus fungsi biosorben kulit manggis dan arang aktif kulit manggis dianalisis menggunakan FTIR sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil pengukuran FTIR, dapat diamati bahwa pada biosorben dan arang aktif

terdapat gugus CH (alkana), CH (aldehida), $-\text{N}_3>\text{CO}$ (asam karboksilat) dan $-\text{C}-\text{NO}_2$ (nitro aromatik). Gugus-gugus tersebut ditemukan lebih rendah intensitasnya pada arang aktif. Selain itu, pada arang aktif juga ditemukan gugus CO (β -diketon) dengan intensitas absorbansi 0,0801. Gugus C-O-C (eter) pada biosorben teramati dengan intensitas absorbansi 0,0767.

Analisis Komponen Kimia Penyusun Adsorben Menggunakan SEM-EDS

Analisis komposisi kimia dari permukaan adsorben secara kuantitatif dan kualitatif dilakukan menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) yang ada pada alat SEM. Persentase massa dari elemen-elemen kimia yang terkandung dalam biosorben dan arang aktif dapat dilihat pada Tabel 1.

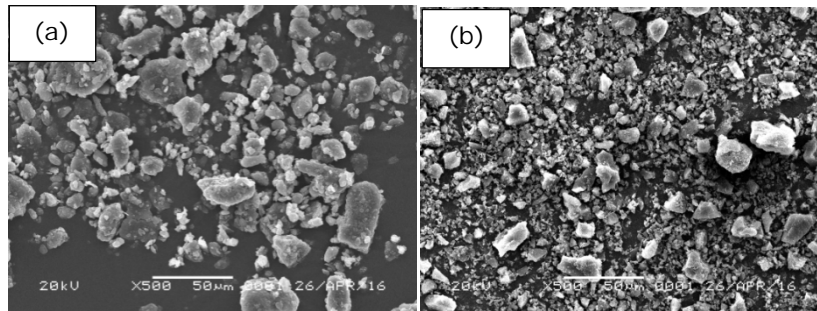
Berdasarkan hasil SEM-EDS, diketahui bahwa elemen kimia yang hilang saat proses karakterisasi adsorben menjadi arang aktif adalah seng (Zn). Zn adalah senyawa aktif yang bersifat antioksidan untuk menangkap radikal bebas, sedangkan tujuan riset ini adalah untuk menyerap ion logam Pb(II) dan Cr(VI) yang keduanya bersifat toksin dan karsinogenik (Sayuti dan Yenrina, 2015). Oleh karena itu, kandungan Zn pada biosorben diharapkan dapat membantu proses adsorpsi dengan kemampuannya menangkap ion logam Pb(II) dan Cr(VI).



Gambar 1. Analisis gugus fungsi biosorben dan arang aktif sebelum proses adsorpsi menggunakan FTIR

Tabel 1. Hasil SEM-EDS adsorben

Jenis Adsorben	Elemen Kimia (%massa)					
	C	O	Na	Cl	K	Zn
Biosorben	93,62	1,13	-	0,29	2,00	2,96
Arang aktif	94,75	0,80	0,15	0,64	3,66	-



Gambar 2. Hasil analisis SEM Biosorben (a) dan arang aktif (b) dengan pembesaran 500 kali

Elemen yang timbul setelah proses pirolisis (aktivasi secara fisik) adalah natrium (Na). Adanya elemen natrium dan kenaikan persen massa dari kalium mengindikasikan terdapat kadar abu yang biasanya terkandung pada arang aktif. Kadar abu maksimal untuk arang aktif serbuk menurut SNI 06-3730-1995 adalah 10%. Semakin kecil kadar abu pada arang aktif maka semakin besar pula kemampuan adsorben untuk menyerap ion logam. Hal ini dikarenakan kadar abu merupakan zat pengotor yang tidak diharapkan ada pada adsorben.

Peningkatan kadar kalium (K) dan kadar natrium (Na) setelah adsorben melalui tahap pirolisis dikarenakan adanya kegagalan dari tahap proses pirolisis dimana kulit manggis bereaksi dengan oksigen sehingga kulit manggis tersebut menjadi abu yang ditandai dengan senyawa natrium dan kalium. Indikasi keberhasilan proses pirolisis kulit manggis menjadi arang aktif adalah adanya kadar karbon (C).

Struktur Morfologi Adsorben

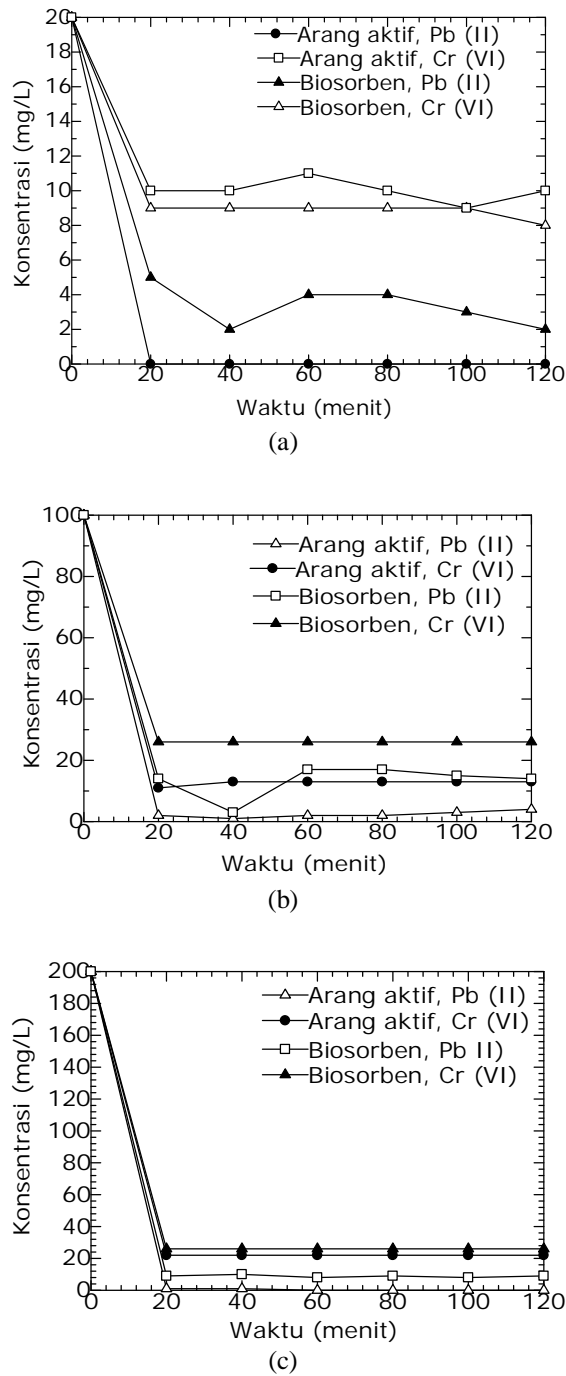
Struktur morfologi dari kedua jenis adsorben dianalisis menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dengan 500 kali pembesaran sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

Berdasarkan hasil analisis SEM pada Gambar 2, kedua adsorben memiliki bentuk yang tidak seragam. Biosorben memiliki ukuran terkecil yaitu sekitar 5-6 µm dan ukuran terbesar sekitar 25 µm, sedangkan arang aktif mempunyai ukuran terkecil sekitar 0,5-2 µm dan ukuran terbesar sekitar 20 µm. Ukuran rata-rata dari biosorben terlihat jelas lebih besar dibandingkan arang aktif pada pembesaran 500 kali.

Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Proses Penyerapan Logam Pb (II) dan Cr (VI)

Pada penelitian ini digunakan dua jenis adsorben, yaitu biosorben (kulit manggis tanpa aktivasi secara fisik) dan arang aktif (kulit manggis yang teraktivasi secara fisik). Terdapat perbedaan kinerja dari dua jenis adsorben dalam proses penyerapan logam Pb(II) dan Cr(VI) sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.

Sesuai dengan Gambar 3, arang aktif lebih efektif menyerap logam Pb(II) daripada biosorben pada konsentrasi awal ion logam 20 dan 100 mg/L, sedangkan untuk proses penyerapan logam Cr(VI) arang aktif bekerja lebih efektif dibandingkan biosorben pada konsentrasi awal larutan 100 dan 200 mg/L. Kemampuan adsorben untuk menyerap



Gambar 3. Pengaruh biosorben dan arang aktif terhadap waktu yang dilakukan oleh biosorben dan arang aktif pada konsentrasi awal 20 mg/L (a), 100 mg/L (b) dan 200 mg/L (c)

logam dipengaruhi oleh tinggi atau rendahnya nilai konsentrasi awal sampel. Jika sampel memiliki konsentrasi yang rendah maka daya serap adsorben untuk menyerap sampel juga kecil.

Karakteristik dari kedua jenis adsorben sangat mempengaruhi proses penyerapan yang dilakukan. Arang aktif

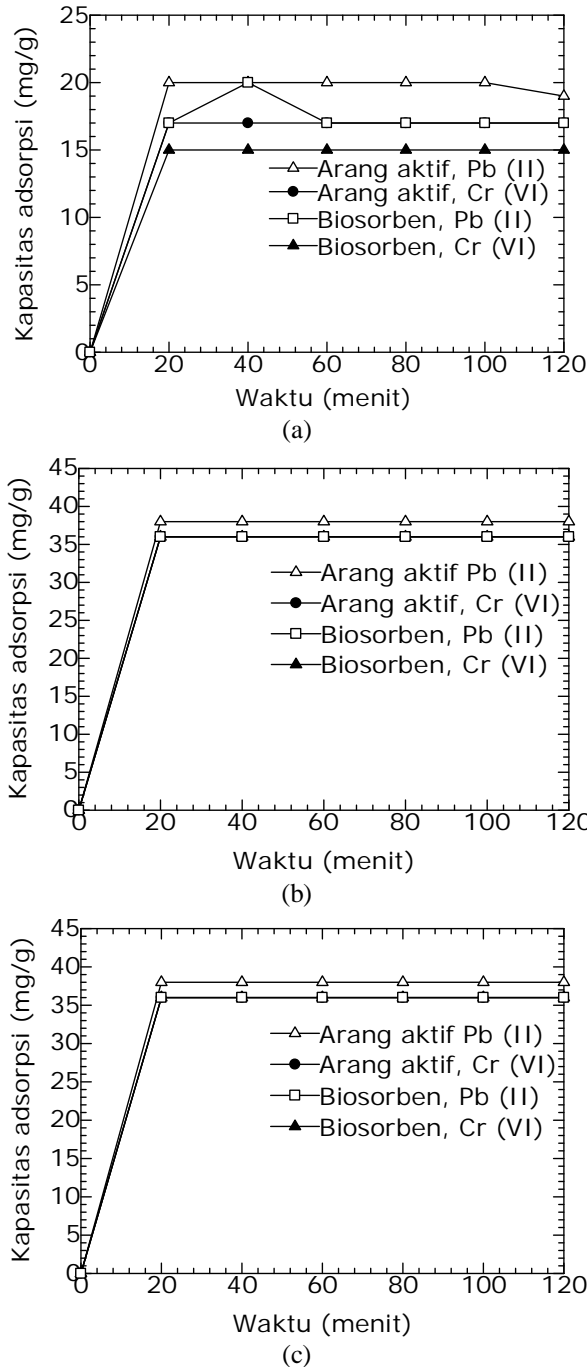
yang mengandung sekitar 85-95% karbon dapat lebih banyak menyerap logam (Gultom dan Lubis, 2014). Akan tetapi menurut Palakawong, *et al.*, (2010), senyawa aktif yang terdapat dalam kulit manggis bermanfaat dalam proses adsorpsi. Hal ini dikarenakan kemampuan antioksidan yang tinggi pada kulit manggis

dapat menyerap ion yang bersifat toksin dan karsinogenik seperti Pb(II) dan Cr(VI).

Kapasitas Adsorpsi dari Arang Aktif dan Biosorben untuk Proses Penyerapan Logam Pb (II) dan Cr (VI)

Kapasitas adsorpsi dapat berkaitan dengan kemampuan daya serap adsorben terhadap zat yang akan diserap. Hal ini

juga terkait dari besar atau kecilnya ukuran pori adsorben. Jika ukuran pori adsorben lebih besar dari ukuran partikel zat terserap maka memungkinkan terjadinya proses penyerapan. Kapasitas adsorpsi dari arang aktif dan biosorben untuk penyerapan logam Pb(II) dan Cr(VI) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kapasitas adsorpsi terhadap waktu yang dilakukan oleh biosorben dan arang aktif pada konsentrasi awal (a) 20 mg/L, (b) 100 mg/L dan (c) 200 mg/L

Tabel 2. Nilai kapasitas adsorpsi maksimal dari arang aktif dan biosorben untuk menyerap logam Pb(II) dan Cr(VI)

Jenis Logam	Jenis Adsorben	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	Kondisi Proses	
			Co (mg/L)	T (menit)
Pb(II)	Arang Aktif	38,5430	200	120
	Biosorben	36,9800	200	100
Cr(VI)	Arang Aktif	36,8384	200	120
	Biosorben	36,1209	200	120

Berdasarkan Gambar 4, terlihat jelas bahwa semakin besar konsentrasi awal dari larutan maka semakin besar pula kapasitas adsorpsi yang dihasilkan. Nilai kapasitas maksimum yang diperoleh pada penelitian ini untuk kinerja arang aktif dan biosorben sebagai adsorben untuk menyerap logam Pb(II) dan Cr(VI) dapat dilihat pada Tabel 2.

Kapasitas adsorpsi yang dicapai dalam penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan penelitian Earnestly (2007) yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimal untuk proses penyerapan logam Pb(II) dan Cr(VI) masing-masing sebesar 1,715 mg/g dan 2,49 mg/g. Hasil ini membuktikan bahwa ukuran adsorben berpengaruh pada proses adsorpsi. Hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran adsorben maka semakin besar luas permukaannya (Earnestly, 2007). Berdasarkan Tabel 2, kinerja penyerapan logam Pb(II) dan Cr(VI) yang dilakukan oleh arang aktif yang memiliki ukuran partikel terkecil rata-rata 0,5-2 μ m.

4. KESIMPULAN

Karakter dari kedua jenis adsorben memenuhi kriteria untuk dijadikan sebagai adsorben berdasarkan acuan SNI 06-3730-1995. Hal ini terbukti dari kemampuan kedua jenis adsorben yang mampu menyisihkan logam Pb(II) dan Cr(VI). Kapasitas adsorpsi maksimal arang aktif dalam menyerap ion logam Pb(II) dan Cr(VI) masing-masing sebesar 38,54 mg/g dan 36,84 mg/g, sedangkan kapasitas adsorpsi yang diberikan oleh biosorben untuk penyisihan logam Pb(II) dan Cr(VI) masing-masing sebesar 36,98 mg/g dan 36,12 mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak LPDP (Lembaga Pengelola Dana Pendidikan) yang telah memberikan dana untuk riset ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahda M., Sutarno & Kunarti, E.S. (2013). Sintetis Silika MCM-41 dan Uji Kapasitas Adsorpsi Terhadap Metilen Biru. *Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 3(1), 1-8.
- Danarto, Y.C. (2007). Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cr(IV) dengan Adsorben Pasir yang Dilapisi Besi Oksida. *Ekulilibrium*, 6(2), 65-70.
- Earnestly, F. (2007). *The Use of The Peel of Mangosteen (Garcinia mangostana L.) as Biosorbent of Pb(II), Ni(II), Cd(II), and Cr(IV) ion*. Universitas Andalas, Sumatera Barat.
- El-Wakil A.M, Abou El-Maaty W.M., & Awad F.S. (2014). Removal of Lead From Aqueous Solution on Activated Carbon and Modified Activated Carbon Prepared from Dried Water Hyacinth Plant. *Journal Analytical & Bioanalytical Techniques*, 5(2). <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9872.1000187>.
- Gultom, E.M. & Lubis, M.T. (2014). Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H₃PO₄ Untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara*, 3(1).
- Kurniawan, M.I., Rahmadani, A., Abdullah, Z., Zein, R. & Munaf, E. (2013). Isotherm and Kinetic Modelling of Pb(II) and Cu(II) uptake by *Annona muricata* L. seed. *Asian Journal of Chemical*, 26(12), 35-88.

- Mohammed, M.A., Shitu, A., Tadda, M.A. & Ngabura, M. (2014). Utilization of Various Agricultural Waste Materials in the Treatment of Industrial Wastewater Containing Heavy Metals. *International Research Journal of Environment Sciences*, 3(3), 62-71, ISSN 2319–1414.
- Palakawong, C., Sophanodora, P., Pisuchpen, S. dan Phong paichit., S. (2010). Antioxidant and antimicrobial activities of crude extracts from mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) parts and some essential oils. *International Food Research Journal*, 17, 583-589.
- Sayuti, K. dan Yenrina, R. (2015). *Antioksidan, Alami dan Sintetik*. Padang. Universitas Adalas.