



Sintesis Komposit *Beads* Kitosan/Arang Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Ion Cu(II)

Ikhsan Fadilah Basir , F. Widhi Mahatmanti, dan Sri Haryani

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima: Juli 2017

Disetujui: Agustus 2017

Dipublikasikan: Agustus 2017

Keywords:

active charcoal
chitosan beads
composite beads
ion Cu(II) adsorption

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis komposit *beads* dari arang aktif tempurung kelapa teraktivasi $ZnCl_2$ dan kitosan. Komposit dibuat dengan perbandingan arang aktif dan kitosan 50:50%. Karakterisasi gugus fungsi menunjukkan gugus fungsi khas kitosan dalam komposit *beads*. Karakterisasi permukaan menunjukkan luas permukaan dari arang aktif $19,595 \text{ m}^2/\text{g}$, kitosan *beads* $3,826 \text{ m}^2/\text{g}$, dan komposit *beads* $1,041 \text{ m}^2/\text{g}$. Arang aktif, kitosan *beads*, dan komposit *beads* termasuk ke dalam kategori mesopori. Hasil optimasi adsorpsi ion Cu(II) menunjukkan bahwa pH optimum diperoleh pada pH 5. Waktu kontak optimum selama 90 menit dicapai oleh arang aktif, dan selama 120 menit dicapai oleh kitosan *beads* dan komposit *beads*. Kapasitas adsorpsi ion Cu(II) arang aktif $1,064 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$, kitosan *beads* $5,663 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$ dan komposit *beads* $5,960 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$.

Abstract

Have performed studies about composite beads synthesis from coconut shell active charcoal activated by $ZnCl_2$ and chitosan. The composite made by the comparison between active charcoal and chitosan 50:50%. Characterization of functional groups showed functional groups of chitosan in the composite beads. Characterization of the surface shows a surface area of activated charcoal $19.595 \text{ m}^2/\text{g}$, chitosan beads $3.826 \text{ m}^2/\text{g}$, dan composite beads $1.041 \text{ m}^2/\text{g}$. Activated charcoal, chitosan beads, and composite beads are mesoporous. Adsorption studies result shows that pH 5 is obtained as a optimum pH. Equilibrium contact time of 90 minutes was achieved by active charcoal, 120 minutes by chitosan beads and composite beads. Adsorption capacity of Cu (II) activated charcoal $1.064 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$, chitosan beads $5.663 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$, and composite beads $5.960 \times 10^{-4} \text{ mol/g}$.

© 2017 Universitas Negeri Semarang

 Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

E-mail: ifabasir@gmail.com

p-ISSN 2252-6951

e-ISSN 2502-6844

Pendahuluan

Tempurung kelapa kebanyakan hanya dianggap sebagai limbah industri pengolahan kelapa, ketersediaannya yang melimpah dianggap masalah lingkungan. Padahal arang tempurung kelapa dapat diolah lagi menjadi produk yang berguna yaitu sebagai arang aktif. Arang aktif dari tempurung kelapa telah dilaporkan sebagai adsorben yang baik untuk menurunkan logam Cr(VI), Cr(III), As(V) (Gueu *et al.*, 2007) dan penurunan Pb dan pewarna kationik (Pino, *et al.*; 2006). Menurut Rahman & Saad (2003) pengaktifan karbon aktif tanpa penambahan bahan kimia akan menghasilkan karbon aktif yang tidak maksimal dalam proses adsorbsinya dibandingkan dengan pengaktifan menggunakan bahan kimia seperti ZnCl₂. Ini terlihat pada jumlah adsorbat yang teradsorpsi, pada karbon aktif teraktifkan dengan ZnCl₂ dapat mengadsorpsi sebesar 98%, sedangkan tanpa bahan kimia 50%.

Kitosan merupakan deasetilasi produk kitin. Kitosan bersifat *biocompatible*, *biodegradable*, antimikroba, tidak beracun dan memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi. Keberadaan gugus amida dalam kitin dan gugus amina dalam kitosan telah menjadikan kitin dan kitosan sebagai adsorben yang mampu mengikat ion logam berat (Herwanto, *et al.*; 2006). Berdasarkan penelitian Hydari, *et al.* (2012) kitosan dapat menurunkan logam berat Cadmium sebanyak 98% pada pH 6. Hydari, *et al.* (2012) melakukan penelitian dengan membandingkan kitosan, arang aktif, dan komposit kitosan/arang aktif untuk menyerap logam Cadmium dalam larutan. Kapasitas adsorpsi yang dari kitosan dan arang aktif sebesar 10,3 mg/g dan 10 mg/g sementara komposit kitosan/arang aktif memiliki kapasitas adsorpsi tertinggi dibanding kitosan dan arang aktif yaitu sebesar 52,63 mg/g. Nitayaphat (2014) mengatakan bahwa penambahan arang aktif pada komposit *beads* kitosan dapat meningkatkan *surface area* dari komposit. Menurut Nitayaphat (2014), rasio berat terbaik komposit *beads* kitosan/arang aktif adalah 50/50 dengan *surface area* 34,34 m²/g.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan adsorben untuk adsorpsi ion Cu(II) berupa komposit yang dibuat dengan menggabungkan arang aktif tempurung kelapa termodifikasi ZnCl₂ dan kitosan. Penambahan kitosan diharapkan dapat menambahkan kemampuan adsorpsi kimia terhadap arang aktif tempurung teraktivasi ZnCl₂ untuk adsorpsi ion Cu(II). Komposit dibuat berbentuk *beads* yang berupa butiran-butiran kecil. Menurut Cahyaningrum, *et al.* (2008), pada bentuk *beads* terjadi perubahan pada sifat fisik dari kitosan serbuk yaitu jari-jari pori *beads* jauh lebih besar dibanding jari-jari pori kitosan.

Metode

Peralatan yang digunakan yaitu drum pembuatan arang, *magnetic stirrer* (Labtech), *furnace* (Barnstead Thermolyne), *Surface Area Analyzer* (SAA) (Quantachrome 1200e), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR) (Perkin Elmer Spectrum Version 10.4.00), *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) (Perkin Elmer Analyst 400). Bahan yang digunakan yaitu tempurung kelapa dari pasar Kanoman Cirebon, kitosan *powder* dari PT. Ocean Fresh Bogor, bahan-bahan dengan *grade pro analyst* ZnCl₂, I₂, Cu(NO₃)₂·3H₂O, Pb(NO₃)₂, Zn(NO₃)₂·4H₂O buatan Merck.

Arang tempurung kelapa dibuat dengan menggunakan drum dengan sistem suplai udara terkendali (Hadi; 2012). Arang tempurung kelapa direndam dalam larutan aktivator ZnCl₂ 7%. Perbandingan berat arang (g) dan volume larutan ZnCl₂ (mL) 1:10. Arang direndam dalam larutan ZnCl₂ selama 24 jam. Arang aktif diuji kualitasnya kadar air, kadar abu, dan daya adsorpsi terhadap iodium merujuk pada SII. 0258-79.

Kitosan *beads* murni disiapkan dari 2 g kitosan *powder*. Komposit *beads* kitosan/arang aktif tempurung kelapa dibuat dengan rasio berat kitosan dan arang aktif 50:50% (Nitayaphat, 2014). Bahan kitosan *beads*/komposit *beads* dimasukkan dalam 60 mL asam asetat 2% diaduk sampai homogen selama 4 jam pada suhu kamar. Campuran dipipet menggunakan pipet tetes ke dalam *beaker glass* yang berisi 500 mL NaOH 0,5 M dan diaduk dengan *stirrer* selama 24 jam. Larutan yang terbentuk didiamkan selama 30 menit sampai terbentuk gel. Gel kitosan *beads*/komposit *beads* disaring dan dicuci dengan aquademin sampai bersih (ditandai dengan pH netral pada filtrat). Gel dengan pH netral dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Residu kering digerus dan diayak dengan ayakan 100 *mesh*. Karakteristik gugus fungsi komposit *beads* dianalisis dengan menggunakan FT-IR. Karakteristik permukaan arang aktif, kitosan *beads*, dan komposit *beads* dianalisis dengan menggunakan SAA.

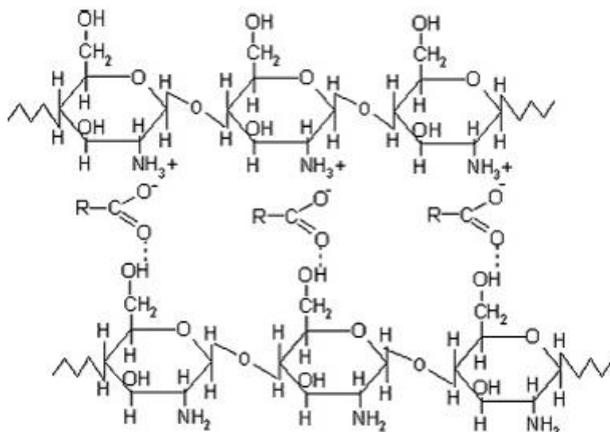
Penentuan kondisi adsorpsi ion Cu(II) optimum dilakukan dengan menggunakan variasi pH 4,5,6,7, dan 8 pada larutan Cu(II) 200 mg/L interaksi dilakukan selama 50 menit. Optimasi waktu kontak dilakukan pada larutan Cu(II) 200 mg/L pH optimum dengan variasi waktu kontak 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Optimasi konsentrasi dilakukan pada larutan Cu(II) dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, dan 100 mg/L pada pH optimum dengan waktu kontak optimum. Data optimasi konsentrasi digunakan untuk perhitungan kapasitas adsorpsi dengan menggunakan persamaan *Langmuir*

dan persamaan *Freundlich*. Penentuan efisiensi adsorpsi dilakukan dengan menginteraksikan adsorben dalam larutan limbah buatan berisi ion Cu(II), Pb(II), dan Zn(II) konsentrasi 50 mg/L.

Hasil dan Pembahasan

Tempurung kelapa diolah menjadi arang dengan pembakaran sistem suplai udara terkendali menggunakan drum. Menurut Hadi (2011), pada pembakaran dengan sistem suplai udara terkendali proses pembakaran hanya berlangsung pada bagian yang lubang suplai udaranya terbuka. Pengaturan lubang udara dapat meminimalisir pembentukan abu abu dan sedikit sekali tempurung yang tidak menjadi arang sehingga rendemen arang yang dihasilkan lebih tinggi. Pemadaman api pembakaran dilakukan dengan cara mengondisikan ruang pembakaran menjadi hampa udara sehingga arang lebih kompak/keras dengan kadar air yang rendah. Arang selanjutnya diaktivasi menggunakan larutan ZnCl₂ dengan konsentrasi 7%. Hasil penelitian Pitaloka (2011), menunjukkan bahwa perendaman arang dengan ZnCl₂ 7% mendapat hasil yang optimum dengan menghasilkan daya adsorpsi terhadap iod sebesar 710,48 mg/g. ZnCl₂ berfungsi sebagai *hydrating agent*, yaitu bahan kimia yang dapat menarik air, sehingga jika air yang terdapat pada permukaan menutupi pori-pori maka dapat tertarik oleh ZnCl₂ dan membuka pori-pori dari karbon aktif yang semula tertutup, dengan demikian akan lebih banyak pori-pori aktif yang terdapat pada karbon aktif (Yang, 2003).

Analisis kualitas arang aktif merujuk pada SII. 0258-79. Kadar air dari arang sebelum diaktivasi dengan ZnCl₂ didapatkan sebesar 7,09%. Kadar air dari arang sesudah diaktivasi dengan ZnCl₂ didapatkan sebesar 4,12%. Kadar abu dari arang sebelum diaktivasi dengan ZnCl₂ didapatkan sebesar 6,74%. Kadar abu dari arang sesudah diaktivasi dengan ZnCl₂ didapatkan sebesar 0,90%. Analisis daya serap arang aktif yang telah diaktivasi dengan ZnCl₂ terhadap I₂ didapatkan sebesar 35,15%. Kitosan *beads* dibuat dengan melarutkan kitosan powder ke dalam asam asetat 2%. Larutnya kitosan ke dalam asam asetat menghasilkan kompleks kitosan dengan asam karboksilat. Fenomena yang terjadi dalam kompleks kitosan dengan asam karboksilat yaitu terbentuknya ikatan hidrogen antara gugus hidroksil dan gugus -NH₃⁺ pada kitosan dengan gugus karboksilat pada asam asetat.

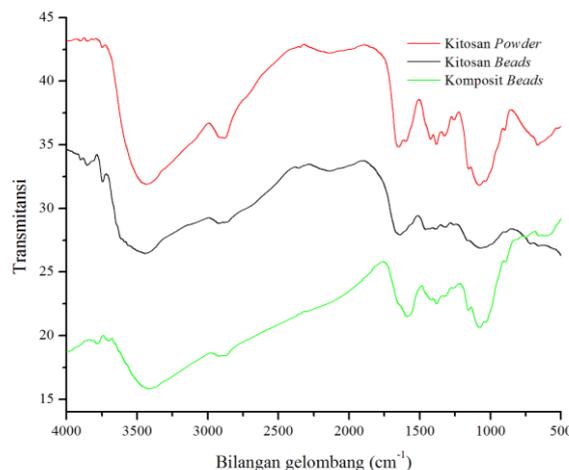


Gambar 1. Kompleks kitosan dengan asam karboksilat (Abouhusein, *et al.*; 2016)

Larutan kitosan yang diperoleh ditetaskan ke dalam *beaker glass* yang mengandung NaOH. Larutan kitosan yang ditetaskan ke dalam *beaker glass* pengendapan akan menetralkan asam asetat yang terkandung dalam gel kitosan sehingga mengkoagulasi larutan kitosan menjadi gel *beads*. Pada proses penetesan larutan kitosan ke dalam NaOH terjadi re-polimerisasi kitosan, diharapkan polimer kitosan lebih tertata sehingga strukturnya lebih teratur dan apabila diaplikasikan sebagai adsorben akan menghasilkan interaksi yang lebih efektif dibanding kitosan (Cahyaningrum, *et al.*; 2011).

Komposit *beads* pada penelitian ini dibuat dari bahan baku arang aktif tempurung kelapa hasil sintesis yang memenuhi kriteria kadar air, kadar abu, dan daya serap terhadap iodium menurut SII 0258-79. Komposit *beads* dibuat dengan perbandingan rasio antara arang aktif tempurung kelapa dan kitosan powder 50:50%. Hasil penelitian Nitayaphat (2014), menunjukkan bahwa perbandingan tersebut dihasilkan komposit dengan luas permukaan dan efisiensi adsorpsi yang tinggi. Komposit *beads* dibuat dengan melarutkan kitosan powder dalam asam asetat 2%. Arang aktif dicampurkan ke dalam larutankitosan sampai homogen membentuk larutan berwarna hitam. Karbon memiliki gugus hidroksil pada permukaannya yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus amino pada kitosan. Dalam

pembuatan komposit, karbon aktif berperan sebagai *filler* dan kitosan berperan sebagai matriks. Penambahan karbon aktif ke dalam kitosan akan meningkatkan sifat mekanik matriks pada kitosan (Wang, *et al.*; 2005).



Gambar 2. Spektra FT-IR kitosan *powder*, kitosan *beads*, dan komposit *beads*

Dari Gambar 2, dapat dilihat adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3412,68 cm^{-1} sebagai pita serapan dari gugus hidroksi $-\text{OH}$. Menurut Shawki *et al.*, (2008) pada pita serapan 3000-3500 cm^{-1} merupakan vibrasi rentangan dari gugus $-\text{NH}$ dan $-\text{OH}$. Pita serapan pada bilangan gelombang 2919,02 cm^{-1} sebagai pita serapan dari gugus C-H . Pita serapan pada bilangan gelombang 1588,75 cm^{-1} sebagai vibrasi tekuk dari gugus $-\text{NH}-$ amida. Pita serapan pada bilangan gelombang 1379,94 cm^{-1} sebagai vibrasi tekuk dari C-H sebagai gugus $-\text{CH}_3$. Pita serapan pada bilangan gelombang 1153,88 cm^{-1} sebagai vibrasi rentangan asimetrik dari gugus fungsi C-O-C . Pita serapan pada bilangan gelombang 1074,92 cm^{-1} sebagai vibrasi rentangan dari gugus fungsi CH-OH (Yong *et al.*, 2012). Berdasarkan hasil analisis spektra IR, terkonfirmasi bahwa terdapat gugus fungsi khas kitosan dalam komposit *beads* hasil sintesis.

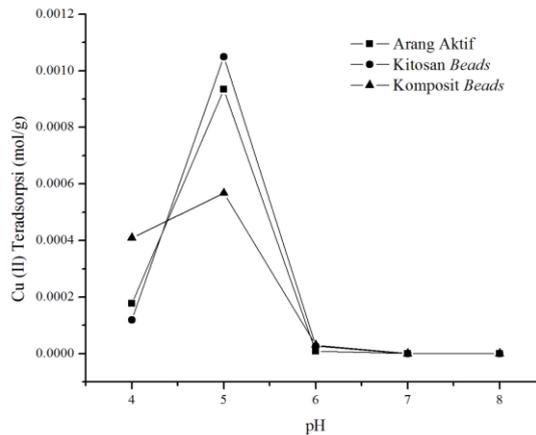
Tabel 1. Karakteristik permukaan adsorben

Adsorben	Luas permukaan m^2/g	Diameter pori (nm)	Total volume pori (cc/g)
Arang aktif	19,595	2,130	$2,088 \times 10^{-2}$
Kitosan <i>beads</i>	3,826	3,283	$6,282 \times 10^{-3}$
Komposit <i>beads</i>	1,041	3,702	$1,927 \times 10^{-3}$

Data hasil karakterisasi permukaan adsorben disajikan pada Tabel 1, karakteristik diameter pori diklasifikasikan ke dalam tiga kategori diameter pori : makropori (diameter > 500 nm), mesopori (2 < diameter < 50 nm), dan mikropori (diameter < 2 nm). Arang aktif, kitosan *beads*, dan komposit *beads* termasuk ke dalam kategori mesopori. Menurut Nitayaphat (2014), penambahan arang aktif pada komposisi kitosan *beads* menjadi komposit *beads* dapat menambah luas permukaan material. Dalam penelitian Nitayaphat (2014) luas permukaan optimum didapat pada komposisi antara kitosan dan arang aktif 50:50% dengan luas permukaan 34,34 m^2/g . Penelitian Hydari *et al.*, (2012) menggunakan arang aktif dengan luas permukaan 922,33 m^2/g dan menghasilkan komposit *beads* 362,30 m^2/g . Komposit *beads* dalam penelitian ini menggunakan perbandingan arang aktif dan kitosan 50:50%. Luas permukaan yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan arang aktif tempurung kelapa dan kitosan *beads*. Luas permukaan komposit *beads* dapat dipengaruhi oleh luas permukaan bahan baku yaitu arang aktif. Semakin tinggi luas permukaan arang aktif yang digunakan maka akan menghasilkan komposit *beads* yang lebih baik.

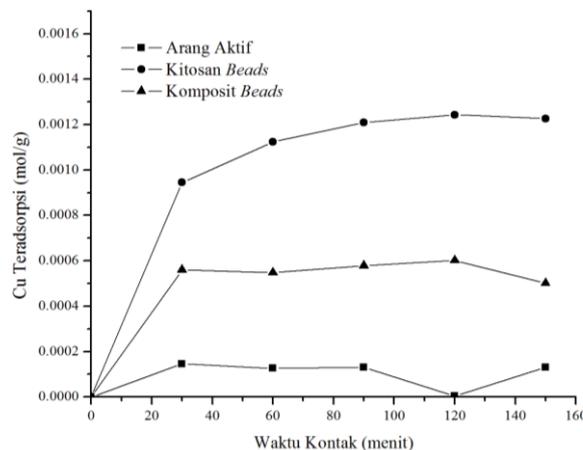
Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 3, kondisi pH optimum dari arang aktif, kitosan *beads*, dan komposit *beads* dicapai pada pH 5. Adsorpsi ion Cu(II) dari masing-masing adsorben mengalami peningkatan dari pH 4 ke pH 5. Pada pH asam terjadi protonasi gugus amina ($-\text{NH}_2$) pada adsorben menjadi $-\text{NH}_3^+$ yang mengurangi jumlah situs aktif pada permukaan adsorben untuk mengadsorpsi ion Cu(II) . Ion H^+ pada larutan dapat bersaing dengan ion logam untuk situs aktif ($-\text{NH}_2$) sehingga dapat menurunkan ion yang teradsorpsi (Guibal, *et al.*; 1998). Rendahnya ion Cu(II) yang

teradsorpsi pada pH 4 dibanding pH 5 dimungkinkan karena kitosan pada kitosan *beads* dan komposit *beads* cenderung larut pada pH 4. Pada pH 4 jumlah ion H^+ lebih besar sehingga persaingan ion H^+ dan ion $Cu(II)$ untuk berikatan dengan gugus aktif kitosan menjadi lebih besar.



Gambar 3. Kurva penentuan pH optimum ion $Cu(II)$

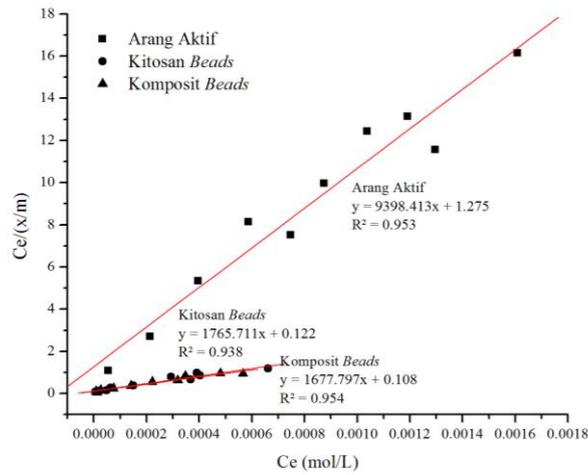
Pada pH 6,7, dan 8 jumlah adsorpsi ion $Cu(II)$ cenderung menurun hal ini disebabkan jumlah ion $Cu(II)$ dalam larutan sangat sedikit. Hal ini dapat dijelaskan dari pengamatan secara visual yang menunjukkan adanya endapan yang terbentuk pada pH 6,7, dan 8. Adanya endapan menyebabkan jumlah ion $Cu(II)$ yang terdapat dalam larutan berkurang dan sebagian ion tersebut hilang karena terikat pada gugus $-OH$ membentuk endapan $Cu(OH)_2$. Menurut Shevla (1990), ion $Cu(II)$ mulai membentuk endapan $Cu(OH)_2$ pada pH sekitar 5,6 dan mengendap sempurna pada pH 7,1.



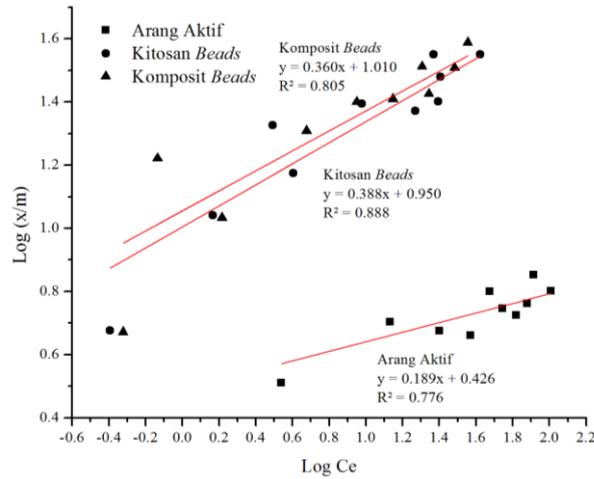
Gambar 4. Kurva penentuan waktu kontak optimum ion $Cu(II)$

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 4, terlihat bahwa pada 30 menit pertama adsorpsi $Cu(II)$ oleh masing-masing adsorben terjadi sangat pesat kemudian laju adsorpsi meningkat perlahan dan mencapai kesetimbangan pada menit ke 90 untuk arang aktif dan menit ke 120 untuk kitosan *beads* dan komposit *beads*. Kecenderungan ini menunjukkan bahwa pada proses awal adsorpsi, tersedia banyak situs aktif pada permukaan adsorben sehingga mempermudah proses adsorpsi. Seiring berjalannya waktu situs aktif dari adsorben menjadi jenuh sehingga adsorpsi $Cu(II)$ oleh adsorben semakin menurun.

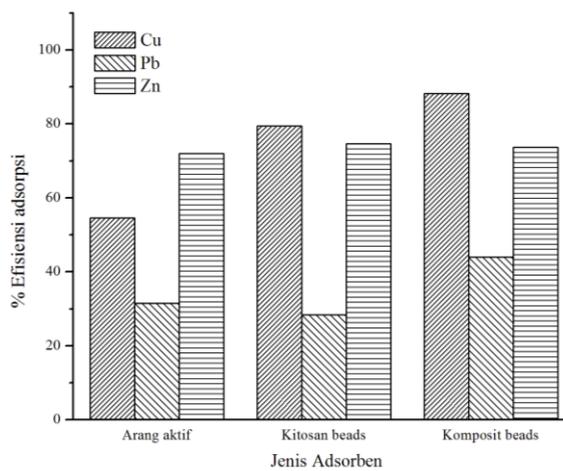
Penentuan kapasitas adsorpsi $Cu(II)$ dari arang aktif, kitosan *beads*, dan komposit *beads* dianalisis menggunakan 2 model persamaan isotherm adsorpsi, yaitu model *Langmuir* dan *Freundlich*. Untuk menentukan persamaan isotherm *Langmuir* dan *Freundlich* maka dihitung harga x/m , $C_e/(x/m)$, $\log C_e/(x/m)$ dan $\log C_e$. Pemetaan kurva untuk memperoleh persamaan *Langmuir* dilakukan dengan memplotkan harga $C_e/(x/m)$ dengan C_e dan untuk memperoleh persamaan *Freundlich* dilakukan dengan memplotkan $\log(x/m)$ dengan $\log C_e$. Hasil pemetaan dengan grafik terlihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Kurva isotherm *Langmuir*



Gambar 6. Kurva isotherm *Freundlich*



Gambar 7. Efisiensi adsorben dalam larutan limbah buatan

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 5 dan 6, pengujian persamaan *Langmuir* mendapatkan grafik linierisasi yang baik dibanding persamaan *Freundlich*. Dari persamaan regresi yang diperoleh didapatkan nilai kapasitas adsorpsi dan konstanta *Langmuir* yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kapasitas adsorpsi dan konstanta *Langmuir*

Jenis adsorben	Persamaan <i>Langmuir</i> $C_e/(x/m) = 1/ab + 1/a C_e$		
	a (mol/g)	b	R ²
Arang aktif	1,064x10 ⁻⁴	7367,260	0,953
Kitosan <i>beads</i>	5,663x10 ⁻⁴	14390,474	0,938
Komposit <i>beads</i>	5,960x10 ⁻⁴	15520,794	0,954

Tabel 3. Kapasitas adsorpsi dan konstanta *Freundlich*

Jenis adsorben	Persamaan <i>Freundlich</i> $\text{Log}(x/m) = \log k + 1/n \log C_e$		
	n (mol/g)	K	R ²
Arang aktif	5,285	3,408 x10 ⁻⁴	0,776
Kitosan <i>beads</i>	2,573	1,033 x10 ⁻²	0,888
Komposit <i>beads</i>	2,773	8,701 x10 ⁻³	0,805

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar 7, Adsorpsi ion Cu(II) oleh kitosan *beads* dan komposit *beads* lebih tinggi dibanding adsorpsi ion Zn(II) dan Pb(II). Hal tersebut menunjukkan bahwa afinitas ion Cu(II) terhadap komposit *beads* lebih tinggi jika dibandingkan dengan ion Zn(II) dan Pb(II). Keberadaan ion Pb(II) dan Zn(II) mempengaruhi jumlah adsorpsi Cu(II) oleh adsorben. Hal ini terjadi karena terjadi persaingan antara ion Cu(II), Pb(II) dan Zn(II) untuk situs aktif dan pori dalam adsorben. Semakin tinggi efisiensi adsorpsi ion Cu(II) dalam larutan limbah simulasi maka semakin baik.

Tabel 4. Adsorpsi ion logam dalam larutan limbah buatan

Jenis adsorben	Ion logam	Ion teradsorpsi	
		% teradsorpsi	(mol/g)
Arang aktif	Cu(II)	53,570	1,686x10 ⁻⁴
	Pb(II)	31,552	3,256x10 ⁻⁵
	Zn(II)	71,973	2,659x10 ⁻⁴
Kitosan <i>beads</i>	Cu(II)	80,506	2,535x10 ⁻⁴
	Pb(II)	28,443	2,935x10 ⁻⁵
	Zn(II)	74,606	2,756x10 ⁻⁴
Komposit <i>beads</i>	Cu(II)	90,013	2,834x10 ⁻⁴
	Pb(II)	43,989	4,539x10 ⁻⁵
	Zn(II)	73,728	2,723x10 ⁻⁴

Simpulan

Komposit *beads* kitosan/arang aktif tempurung kelapa dibuat dengan menambahkan arang aktif ke dalam larutan kitosan untuk membentuk komposit *beads*. Penentuan adsorpsi ion Cu(II) optimum dilakukan dengan menggunakan variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi. pH optimum dari adsorpsi ion Cu(II) adalah 5. Waktu kontak optimum interaksi adsorpsi adalah 90 menit untuk arang aktif dan 120 menit untuk kitosan *beads* dan komposit *beads*. Perhitungan kapasitas adsorpsi mengikuti persamaan *Langmuir*. Kapasitas adsorpsi dari arang aktif adalah aktif 1,064x10⁻⁴ mol/g, kitosan *beads* 5,663x10⁻⁴ mol/g, dan komposit *beads* 5,960x10⁻⁴ mol/g. Efisiensi adsorpsi ion Cu(II) oleh komposit *beads* yaitu 90,013% dengan ion teradsorpsi 2,834x10⁻⁴ mol/g. Hasil karakterisasi gugus fungsi menggunakan FT-IR menunjukkan gugus fungsi khas kitosan dalam komposit *beads*. Hasil karakterisasi permukaan adsorben menggunakan SAA diketahui luas permukaan dari arang aktif 19,595 m²/g, kitosan *beads* 3,826 m²/g, dan komposit *beads* 1,041 m²/g. Arang aktif, kitosan *beads*, dan komposit *beads* termasuk ke dalam kategori mesopori.

Daftar Pustaka

- Cahyaningrum, S.E., Narsito & R. Agustini. 2008. Adsorpsi Ion Logam Zn (II) pada *Bead* Kitosan dari Cangkang Udang Windu (*Penaus Monodon*). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 15(2): 90-99
- Cahyaningrum, S.E., Narsito, Santoso, J.S. 2011. Adsorpsi Ion Logam Zn (II) dan Cu(II) Pada Kitosan Nano *Bead* dari Cangkang Udang Windu (*Penaus Monodon*). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 18(3): 200-205
- Gueu, S., B. Yao., K. Adouby & G. Ado. 2007. Kinetics and Thermodynamics Study of Lead Adsorption on to Activated Carbons from Coconut and Seed Hull of the Palm Tree. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 4(1): 11-17
- Guibal, E., M. Celine & M.T. John. 1998. Metal Anion Sorption by Chitosan Beads: Equilibrium and Kinetic Studies. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 37(4): 1454-1463
- Herwanto, B. & E. Santoso. 2006. Adsorpsi Ion Logam Pb(II) pada Membran Selulosa Kitosan Terikat Silang. *Akta Kimia Indonesia*, 2(1): 9-24
- Hydari, S., H. Sharififard., M. Nabavinia & M. Reza. 2012. A Comparative Investigation on Removal Performances of Commercial Activated Carbon, Chitosan Biosorbent and Chitosan/Activated Carbon Composite for Cadmium. *Chemical Engineering Journal*, 193: 276-282
- Nitayaphat, W. 2014. Utilization of Chitosan/Bamboo Charcoal Composite as Reactive Dye Adsorbent. *Chiang Mai Journal of Science*, 41(1): 174-183
- Pino, G.H., L.C.M. Mesaquita., M.L. Torem & G.A.S. Pinto. 2006. Biosorption of Cadmium by Green Coconut Shell Powder. *Minerals Engineering*, 19(5):380-387
- Pitaloka, A. 2011. Optimalisasi Aktivasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan Ragam Suhu dan Konsentrasi Aktivator ZnCl₂. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Rahman, I.A. & B. Saad. 2003. Utilization of Guava Seeds As a Source of Activated Carbon for Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution. *Malaysian Journal of Chemistry*, 5(1): 8-14
- Shawky, H.A., Abdel H.M. El-Aassar & Dalia E. Abo-Zeid. 2012. Chitosan/Carbon Nanotube Composite Beads: Preparation, Characterization, and Cost Evaluation for Mercury Removal from Wastewater of some Industrial Cities in Egypt. *Journal of Applied Polymer Science*, 125(1): 93-101
- Svehla, G. 1990. *Vogel Buku Teks Analisa Kuantitatif Anorganik. Edisi V*. Jakarta: Kalman Media Pustaka.
- Wang, F.S., Shen, Lu., Zhang, D.W. & Tong, Y.J. 2005. Preparation and Mechanical Properties of Chitosan/Carbon Nanotubes Composite. *Biomacromolecules*, 6(6): 3067-3072
- Yong, K.S., B. Nanthi. & L. Enzo. 2013. Synthesis and Characterization of Thiolated Chitosan Beads for Removal of Cu(II) and Cd(II) from Wastewater. *Water, Air, & Soil Pollution*, 224(12): 1720