

MODEL KESETIMBANGAN ADSORPSI LOGAM TEMBAGA (Cu (II)) MENGUNAKAN CANGKANG KEPITING SEBAGAI ADSORBEN

Reny Nur Hidayah¹, Drastinawati², Silvia Reni Yenti²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia,

Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam Pekanbaru 28293

reny.nur3076@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Copper metal pollution (Cu (II)) in the water has a negative impact on people's lives. One effort to reduce the copper metal content is by the adsorption process. The purpose of this study was to determine the effect of adsorption temperature (30, 40, 50 ° C) and adsorbate concentration (2, 3, 4 mg / L) and to test the adsorption isotherm equilibrium model on the adsorption Cu (II) by crab shell by model equation approach Langmuir and Freundlich. The results showed if the adsorption temperature rise, the adsorbent adsorption capacity of crab shells (q_e) is decreased and if the concentration is decreased, the adsorbent adsorption capacity of crab shells (q_e) is increased. The highest absorption rate was obtained at 30 ° C with a concentration of 4 mg / L of adsorbate at 1.558 mg / g. The copper metal adsorption mechanism (Cu (II)) by the crab shell has a match with the Freundlich isotherm model which represents the physical and adsorption Freundlich isotherm model which represents the chemical adsorption.

Keywords: Adsorption, Crab Shell, Equilibrium Model, Copper (II)

1. Pendahuluan

Air sebagai sumber daya alam yang sangat penting, merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan di bumi, namun dengan perkembangan industri yang semakin pesat menyebabkan bertambahnya limbah yang dihasilkan. Salah satu sumber pencemaran berasal dari limbah industri yang mengandung logam berat. Beberapa contoh logam berat yaitu Hg, Zn, Cd, Cu, Co, Pb dan Cr (Sugita, dkk., 2009). Salah satu logam berat yang berbahaya hasil kegiatan industri adalah logam Cu (Tembaga).

Tembaga (Cu) merupakan unsur esensial bagi makhluk hidup karena dibutuhkan dalam proses biokimia, namun pada konsentrasi tinggi dapat bersifat toksik karena mengganggu proses fisiologis (Santosa dkk., 2014). Nilai ambang batas konsentrasi yang diperbolehkan untuk logam

Cu (II) adalah 2 mg/L (Kep-Men LH/51/2014). Logam Cu dapat ditemukan dalam perairan bersumber dari peristiwa alamiah dan efek dari aktivitas manusia seperti limbah rumah tangga, pertambangan tembaga, perbengkelan dan *electroplating* (Palar, 1994). Kelebihan Cu (II) di tubuh, dapat mengakibatkan efek keracunan, kerusakan pada otak, penurunan fungsi ginjal dan yang paling parah dapat menyebabkan kematian (Palar, 2008 dalam Dewa, 2012).

Kandungan logam berat dapat dihilangkan dengan berbagai macam metode diantaranya presipitasi, oksidasi, reduksi, ekstraksi pelarut, ekstraksi elektrolisis, penguapan, osmosis, pertukaran ion dan adsorpsi (Kwon dkk., 2010). Diantara metode-metode tersebut, adsorpsi merupakan metode yang paling umum dipakai untuk menghilangkan logam berat

dari dalam perairan. Metode ini sering digunakan karena ramah lingkungan, sederhana untuk dilakukan, dapat diregenerasi serta ekonomis.

Adsorpsi merupakan suatu proses penjerapan oleh adsorben terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan adsorben karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan tanpa meresap ke dalam (Atkins, 1999). Dalam penelitian ini digunakan salah satu dari adsorben tersebut yaitu cangkang kepiting.

Cangkang kepiting memiliki potensi tinggi untuk menghilangkan logam berat dalam limbah industri. Struktur ekstra kitin dan komposisi CaCO_3 yang tinggi menyebabkan cangkang kepiting bisa digunakan sebagai adsorben logam berat dalam limbah industri. Bentuk molekul kitin (NH_2 -) akan menyerap ion positif limbah industri logam berat, sedangkan proses menghilangkan semua logam berat dengan struktur CaCO_3 disebut sebagai pertukaran ion (Budin dkk., 2014).

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menentukan waktu kesetimbangan adsorpsi Cu (II), menentukan pengaruh variasi suhu adsorpsi dan konsentrasi adsorbat terhadap proses adsorpsi Cu (II) oleh cangkang kepiting serta menentukan model kesetimbangan isoterm adsorpsi yang sesuai pada penjerapan Cu (II) oleh cangkang kepiting dengan pendekatan persamaan model Langmuir dan Freundlich.

Adsorpsi model Langmuir mengasumsikan bahwa adsorpsi kimia lebih mendominasi. Logam yang terjerap membentuk lapisan tunggal (monolayer). Adsorben merupakan sistem dengan tingkat energi yang homogen sehingga afinitas molekul terjerap sama untuk setiap lokasi. Persamaan Langmuir dinyatakan pada persamaan berikut :

$$q_e = \frac{q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

Isoterm Freundlich merupakan persamaan yang menjelaskan permukaan adsorben bersifat heterogen. Dimana pada permukaan adsorben memiliki tingkat energi yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa hanya ada beberapa sisi aktif saja yang mampu menyerap molekul terlarut (Mobasherpour dkk., 2010). Persamaan model isoterm adsorpsi Freundlich dinyatakan pada persamaan berikut :

$$q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}}$$

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan Baku

Bahan penelitian yang digunakan pada proses adsorpsi menggunakan cangkang kepiting diantaranya limbah cangkang kepiting, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, NaOH (Merck), HCl (Merck) dan akuades (Brataco Chemical, Indonesia).

2.2 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, ayakan 100 mesh, blender, *magnetic stirrer* (Dragon lab, China), gelas ukur 100 mL, labu ukur 250 mL dan 1000 mL, gelas kimia, tabung reaksi, pH universal, termometer raksa, cawan petri, corong, batang pengaduk, kertas saring *whatman* 42, pipet tetes, *aluminium foil* dan SSA.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap pada penelitian ini yaitu pengadukan 150 rpm, massa adsorben 0,5 gram dan pH 4. Sedangkan variabel bebas pada penelitian ini yaitu konsentrasi 2,3 dan 4 mg/L serta temperature 30,40 dan 50 °C.

2.4 Prosedur Penelitian

Proses adsorpsi logam Cu (II) dapat dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu penentuan waktu kesetimbangan dan adsorpsi logam Cu (II) dengan variasi suhu dan konsentrasi adsorbat.

a. Penentuan Waktu Kesetimbangan

Pada tahap ini 0,5 gram serbuk cangkang kepiting dimasukkan kedalam larutan tembaga dengan konsentrasi 2 mg/L sebanyak 250 ml, lalu diaduk dengan *magnetic stirrer* (150 rpm) pada suhu ruang (30°C) dan pH 4. Sampel larutan diambil pada waktu 0, 5, 10, 15, 20, 30 dan 40 menit sebanyak 10 ml. Selanjutnya dilakukan penyaringan. Filtrat hasil penyaringan dianalisis dengan menggunakan AAS untuk mengetahui konsentrasi akhir dari logam Cu (II).

b. Adsorpsi Logam Cu (II)

Serbuk cangkang kepiting sebanyak 0,5 gram dimasukkan kedalam larutan logam Cu (II) 250 ml dengan variasi konsentrasi 2, 3 dan 4 mg/L, lalu diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 150 rpm pada suhu 30°C dan pH 4. Sampel larutan diambil pada waktu kesetimbangan yang telah diperoleh yaitu pada waktu 30 menit. Selanjutnya dilakukan penyaringan. Filtrat hasil penyaringan dianalisis menggunakan AAS untuk mengetahui konsentrasi akhir dari logam Cu (II). Kemudian diulangi langkah tersebut pada suhu 40 dan 50 °C.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Penentuan Waktu Kesetimbangan

Selama proses adsorpsi, kecepatan transfer masa dari adsorbat menuju fasa solid adsorben dipengaruhi oleh waktu kontak (Ajifack dkk., 2014). Penentuan waktu kesetimbangan dilakukan untuk proses adsorpsi sehingga dapat menentukan

model kesetimbangan (Heltina dkk., 2009). Waktu kesetimbangan diperoleh apabila tidak terjadi lagi perubahan konsentrasi adsorbat pada sampel atau waktu ketika laju adsorpsi sama dengan desorpsi.

Waktu setimbang untuk adsorpsi Cu (II) oleh cangkang kepiting pada penelitian ini tercapai dalam waktu 30 menit. Oleh karena itu, pada penelitian ini semua data kesetimbangan diambil setelah penyerapan berlangsung selama 30 menit.

b. Adsorpsi Logam Cu (II)

Dalam studi pengaruh konsentrasi mula-mula logam Cu (II) (Co) terhadap kapasitas jerap (q_e), dilakukan tinjauan pada suhu adsorpsi 30, 40 dan 50 °C. Semakin besar konsentrasi mula-mula logam Cu (II), semakin besar pula kapasitas penyerapan. Ketika terjadi peningkatan konsentrasi mula-mula logam Cu (II) 2 mg/L – 4 mg/L, kapasitas penyerapan turut meningkat dari 0,7365 mg/g hingga 1,558 mg/g. Pada suhu adsorpsi 30, 40 dan 50°C. Hal ini dikarenakan konsentrasi mula-mula yang lebih tinggi menyediakan gaya dorong yang lebih besar dalam melewati resistensi yang ada antara fasa liquid dan fasa solid sehingga meningkatkan penyerapan (Maneerung dkk, 2016).

Dengan meningkatnya suhu adsorpsi maka kapasitas jerap (q_e) oleh adsorben cangkang kepiting semakin kecil yang ditunjukkan dengan nilai C_e yang semakin besar sehingga jumlah adsorbat yang teradsorpsi semakin berkurang.

Pengaruh suhu terhadap adsorpsi menunjukkan semakin rendahnya kapasitas adsorpsi ketika suhu dinaikkan dikarenakan melemahnya energi ikat antara adsorben dan adsorbat (Zhang dkk., 2013). Suhu adsorpsi yang tinggi akan menyebabkan berkurangnya jumlah adsorbat yang teradsorpsi karena semakin tinggi suhu

adsorpsi maka situs aktif dari adsorben menjadi rusak sehingga penjerapan yang terjadi tidak maksimal (Putro dan Ardhiyana, 2010). Kenaikan suhu menyebabkan mobilitas yang terjadi semakin besar sehingga gerakan ion semakin cepat, akibatnya jarak antar ion semakin renggang sehingga penjerapan ion semakin sulit dan hanya sedikit saja yang terjerap (Garrido dkk., 2003).

Untuk menentukan mekanisme adsorpsi, maka dilakukan pengujian model kesetimbangan adsorpsi. Pengujian model kesetimbangan bertujuan menentukan model kesetimbangan yang sesuai pada proses adsorpsi logam Cu (II) dengan cangkang kepiting. Model kesetimbangan yang diuji adalah model kesetimbangan Langmuir dan Freundlich. Pengujian model kesetimbangan untuk setiap variasi suhu akan diperoleh parameter kesetimbangannya yang selanjutnya disubstitusi ke masing-masing persamaan model yang akan diuji (Dawood dan Sen, 2012). Untuk menentukan kecocokan model kesetimbangan dapat dilihat dari nilai *Correlation Factor* (R^2) yang diperoleh (Ghahremani dkk, 2013).

Tabel 1 Perbandingan *Correlation Factor* (R^2) Model Kesetimbangan Pada Suhu 30°C, Suhu 40°C dan Suhu 50°C

Suhu (°C)	Konsentrasi (mg/L)	R^2	
		Langmuir	Freundlich
30	2	0,93	0,9407
	3		
	4		
40	2	0,8776	0,8694
	3		
	4		
50	2	0,9117	0,9138
	3		
	4		

Berdasarkan Tabel 1, menunjukkan bahwa nilai *Correlation Factor* (R^2) pada suhu 30°C untuk model kesetimbangan Langmuir sebesar 0,93 dan untuk model

kesetimbangan Freundlich sebesar 0,9407. Pada suhu 40°C *Correlation Factor* (R^2) model Langmuir 0,8776 dan model Freundlich 0,8694. Pada suhu 50°C untuk model Langmuir dan Freundlich berturut-turut sebesar 0,9117 dan 0,9138. Hal ini mengindikasikan bahwa model penjerapan sesuai dengan model kesetimbangan Freundlich dan Langmuir, karena bisa dilihat dari nilai *Correlation Factor* (R^2) yang relatif berimbang. Isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa proses adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisika. Isoterm Freundlich merupakan tipe eksperimental/empiris untuk menjelaskan proses adsorpsi non ideal pada permukaan yang heterogen salah satunya karena perbedaan gugus fungsional pada permukaan adsorben. Permukaan adsorben semakin heterogen apabila nilai $1/n_F$ mendekati nol (Susanti, 2015). Isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa proses adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi kimia dan logam yang terjerap membentuk lapisan tunggal (monolayer) (Mobasherpour dkk., 2010).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan penjerapan logam Cu (II) dapat dilakukan dengan menggunakan cangkang kepiting sebagai adsorben. Kemudian semakin besar temperatur adsorpsi maka kapasitas jerap adsorben cangkang kepiting (q_e) semakin kecil sehingga jumlah adsorbat (Cu (II)) yang teradsorpsi semakin berkurang dan semakin besar konsentrasi adsorbat maka semakin besar pula kapasitas jerap adsorben cangkang kepiting (q_e). Mekanisme adsorpsi logam tembaga (Cu (II)) oleh cangkang kepiting sesuai dengan model isoterm Freundlich dan Langmuir karena nilai R^2 yang relatif berimbang.

5. Daftar Pustaka

- Ajifack, D. L., Ghogomu, J. N., Noufame, T. D., Ndi, J. N., & Ketcha, J. M. (2014). Adsorption of Cu (II) Ions from Aqueous Solution onto Chemically Prepared Activated Carbon from Theobroma Cacao. *British Journal Science & Technology*, 4(36): 5021-5044.
- Atkins, P. W. (1999). *Kimia Fisika*. (diterjemahkan oleh : Kartahadiprojo Irma I). edisi ke-2. Erlangga. Jakarta.
- Budin, K., Subramaniam, Y., Tair, R., & Ali, S.A.M. (2014). The ability of crab and cockle shell to adsorb lead and chromium from industrial effluent. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology* 8(12): 04-06.
- Dawood, S., & Sen, T. K. (2012). Removal of Anionic Dye Congo Red From Aqueous Solution by Raw Pine and Acid Treated Pine Cone Powder as Adsorbent: Equilibrium, Thermodynamic, Kinetics Mechanism and Process Design. *Water Research Journal* 46(6): 1933-1946.
- Dewa, R. H. (2012). Adsorpsi Fluidisasi Logam Cu (II) Menggunakan Kitosan-Urea Dengan Penambahan Karboksimetil Selulosa (CMC) dan Glutaraldehyd. *Doctoral Dissertation*. Program Doktor Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Surabaya.
- Garrido, G. S., Aguilar, C., Garcia, R., and Arriagada, R., (2003). A peach Stone Activated Carbon Chemically Modified to Adsorb Aqueous Ammonia. *J. Chil. Chem. Soc* 48(3): 707-717.
- Ghahremani, D., Iman, M., Esmail, S., Mohsen, E., Sahebali, M., & Leila, K., (2013). Potential of Nano Crystalline Calcium Hydroxyapatite for Tin (II) Removal From Aqueous Solutions: Equilibria & Kinetic Processes. *Arabian Journal of Chemistry* 10(1): 461-471.
- Heltina. D., Evelyn., Indriani. R. (2009). Biosorpsi Pb (II) Pada Jamur *Trichoderma Asperrellum* TNJ-63. *Jurnal Rekayasa Proses* 3(1): 1-4.
- Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2014). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Diakses pada 18 Oktober 2017.
- Kwon, J. S., Yun, S. T., Lee, J. H., Kim. S. O., & Jo. H. Y. (2010). Removal of Divalent Heavy Metals (Cd, Cu, Pb and Zn) and Arsenic (III) from Aqueous Solution Using Scoria: Kinetics and Equilibria of Sorption. *Journal of Hazardous Materials* 174(1): 307-313.
- Maneerung, T., Liew, J., Dai, Y., Kawi, S., Chong, C., & Wang, C. H. (2016). Activated carbon derived from carbon residue from biomass gasification and its application for dye adsorption: kinetics, isotherms and thermodynamic studies. *Biosource Technology Journal* 200(1): 350-359.
- Mobasherpour, I., Salahi, E., & Pazouki, M. (2010). Comparative of the removal of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Ni^{2+} by nano crystallite hydroxyapatite from aqueous solutions: Adsorption isotherm study. *Arabian Journal of Chemistry* 5(4): 439-446.
- Palar, H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi logam berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Putro, A. N. H., & Ardhiany, S. A. (2010). Pengambilan Kembali Bioetanol Hasil Fermentasi Dengan Metode Adsorpsi Hidrofobik. *Skripsi*. Program Sarjana Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Semarang.

- Santosa., Sri, J., Siswanta, D., & Sudiono, S. (2014). *Dekontaminasi Ion Logam dengan Biosorben Berbasis Asam Humat Kitin dan Kitosan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sugita, P., Wukiradari, T., Sjahrizal, A., & Wahyono, D. (2009). *Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan*. IPB Press. Bogor.
- Susanti, A. D., Sediawan, W. B., Wirawan, S. K., & Budhijanto. (2017). Model Isoterm Keseimbangan Adsorpsi Oryzanol dalam Minyak Bekatul pada Adsorben Silika Gel dengan Fase Gerak n-Heksana:Aseton. *Skripsi*. Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Zhang, Y., Yan, L., Xu, W., Guo, X., Cui, L., Gao, L., Wei, Q., & Du, Bin. (2013). Adsorption of Pb (II) and Hg (II) from Aqueous Solution Using Magnetic CoFe₂O₄-Reduced Graphene Oxide. *Journal of Molecular Liquids* 191(1): 177-182.