



Isotherm Studies of Cu (II) Adsorption in Kolong Bangka's Water onto NaOH-Deacetylated Shrimp Shells Waste Chitin

Kajian Isoterm Adsorpsi Cu(II) dalam Air Kolong Bangka dengan Kitin Limbah Cangkang Udang Terdeasetilasi NaOH

Desy Yuliana Dalimunthe¹, Anisa Indriawati², Endang Setyawati Hisyam³, and Herman Aldila^{2,*}

¹) Department of Mathematics, Universitas of Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Bangka, Bangka Belitung, 33172

²) Department of Physics, Universitas of Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Bangka, Bangka Belitung, 33172

³) Department of Civil Engineering, Universitas of Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Bangka, Bangka Belitung, 33172

** Corresponding author: hermanaldilaubb@gmail.com*

Received: February 9, 2023 Accepted: April 28, 2023 Published: April 30, 2023

ABSTRACT

Isotherm models of Cu (II) adsorption in Kolong Bangka's water onto NaOH-deacetylated shrimp shells waste chitin was studied. The extraction of chitin was carried out through three steps: deproteinization, demineralization and decolorization. The deacetylated shrimp shells waste chitin (DA-SW chitin) were prepared by the reaction of DA-SW chitin with NaOH at varying concentrations of 20, 40 and 60% (%W) with stirring for 1 hour at room suhu where the degree of deacetylation for varying NaOH concentrations were 65.72, 67.44 and 88.98%, respectively based on our previous research. Increasing the NaOH concentration causes the diffusion rate of OH⁻ increase thus realizing the effectiveness of OH⁻ attack on the carbonyl carbon group in chitin acetamide increasing so that the chitin deacetylation process becomes more effective. In order to study adsorbent equilibrium behaviour, Freundlich and Langmuir isotherm models were used based on Cu (II) adsorption data with variations in contact time 5, 10, 15, 20, 25, and 30 minutes. The results showed that the concentration of Cu (II) decreased with the increase of the degree of deacetylation and contact time. The optimum condition for the percentage of Cu (II) adsorption was achieved in DA-SW chitin with NaOH 60% (where the degree of deacetylation was 88.98%) during 30 minutes was 97.19%. The Cu (II) adsorption isotherm model in Kolong Bangka water onto DA-SW chitin is represented by the Freundlich isotherm model where the Cu (II) adsorption mechanism onto DA-SW chitin causes the formation of multilayer surface which may due to Van der Waals force.

Keywords: *chitin, adsorption, Cu (II), shrimp shells waste*

PENDAHULUAN

Optimalisasi modifikasi kitin terus dikembangkan dalam rangka meningkatkan kemampuan adsorbsinya. Dalam perkembangannya telah dilakukan beberapa metode modifikasi kitin diantaranya

penghilangan gugus asetil melalui proses deasetilasi (Aldila et al., 2020; Pakizeh et al., 2021; Rasweefali et al., 2021), peningkatan luas permukaan dengan proses *swelling* (Kyzas et al., 2008; Rohindra et al., 2004; Tangpasuthadol et al., 2003), peningkatan kestabilan struktur

dengan proses *crosslinking* (Chen et al., 2008; Laus & De Fávère, 2011; Liu et al., 2020) dan sebagainya. Metode deasetilasi merupakan metode yang umum digunakan karena prosesnya yang relatif sederhana dan efisiensi terhadap daya serap kitin relatif lebih tinggi (Mohan et al., 2022). Deasetilasi merupakan proses pemutusan ikatan kovalen antara gugus asetil ($-\text{CH}_3\text{CO}$) dengan nitrogen pada gugus asetamida ($-\text{CH}_3\text{CONH}_2$) sehingga membentuk gugus amina ($-\text{NH}_2$) yang merupakan gugus aktif yang berperan penting pada kemampuan adsorpsi kitin (Azhar et al., 2010). Proses deasetilasi umumnya menggunakan basa kuat konsentrasi tinggi dan terkadang disertai dengan pemanasan (EL Knidri et al., 2019). Efektifitas proses deasetilasi kitin dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya jenis dan konsentrasi basa, waktu kontak dan suhu (Aldila, et al., 2020). Salah satu jenis basa kuat yang sering digunakan dalam proses deasetilasi kitin adalah NaOH karena dapat bereaksi dengan air dengan memiliki nilai kelarutan tinggi dan bersifat eksotermik (Kotrly & Sucha, 1985).

Selain itu NaOH secara ekonomis memiliki harga yang relatif lebih murah dibandingkan dengan basa kuat lainnya seperti KOH dan LiOH sehingga sangat potensial digunakan untuk produksi kitin terdeasetilasi skala industri. Pengaruh konsentrasi NaOH dari beberapa variasi menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka semakin efektif proses deasetilasi kitin. Berdasarkan penelitian sebelumnya kondisi optimum deasetilasi kitin tercapai pada konsentrasi NaOH diatas 50% (%W) dengan nilai derajat deasetilasi sebesar 66,68% (Azhar et al., 2010). Nilai derajat deasetilasi merupakan salah satu indikator efektifitas proses deasetilasi kitin yang dapat dianalisis berdasarkan spektra serapan radiasi inframerah dengan menggunakan metode *baseline*. Metode ini didasarkan pada perbandingan nilai absorbansi pita serapan radiasi inframerah pada bilangan 1655 cm^{-1} yang merupakan pita serapan gugus N-asetil dan 3450 cm^{-1} yang merupakan pita serapan gugus amina. Semakin tinggi nilai derajat deasetilasi menunjukkan bahwa semakin banyak gugus asetil yang terdeasetilasi sehingga jumlah gugus amina pada struktur kitin semakin meningkat (Aldila, et al., 2020).

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya karakteristik zat penyerap (adsorben) dan zat yang diserap (adsorbat) (Aldila et al., 2020). Waktu yang dibutuhkan

dalam proses adsorpsi sangat bergantung pada konsentrasi adsorbat dimana semakin tinggi konsentrasi maka semakin besar waktu yang dibutuhkan dalam proses adsorpsi (Estiaty, 2012). Hal ini sangat berkaitan terhadap kapasitas adsorpsi adsorben serta pH dan suhu sistem. Secara umum mekanisme adsorpsi kitin dapat terdiri dari adsorpsi kimia yang mengacu pada formasi ikatan kimia, adsorpsi fisika yang didasarkan adanya gaya Van Der Waals, dan pertukaran ion (Foroutan et al., 2018; Wang & Guo, 2020). Metode analisis mekanisme adsorpsi kitin telah dikembangkan dengan menggunakan beberapa metode diantaranya dengan pemodelan data adsorpsi pada kondisi kesetimbangan, karakterisasi kitin sebelum dan sesudah adsorpsi, analisis dinamika molekuler dan perhitungan berdasarkan teori fungsi densitas (Wang & Guo, 2020). Diantara beberapa metode tersebut, pemodelan data adsorpsi pada kondisi kesetimbangan merupakan metode yang paling sederhana, mudah dan telah banyak digunakan dalam menganalisis mekanisme adsorpsi kitin (Subramanyam & Ashutosh, 2012; Wang & Guo, 2020).

Model isoterm adsorpsi merupakan salah satu pemodelan data adsorpsi yang didasarkan pada kondisi suhu tetap dimana dapat memberikan informasi mengenai kapasitas adsorpsi maksimum yang dapat digunakan sebagai indikator efektifitas adsorpsi. Beberapa model isoterm adsorpsi telah dikembangkan dalam rangka menganalisis proses adsorpsi diantaranya model isoterm Freundlich, Langmuir, Redlich-Peterson, Sips, Toth, Temkin, Volmer, BET, Aranovich dan sebagainya (Correa-Murrieta et al., 2012; Wang & Guo, 2020). Model isoterm Freundlich dan Langmuir merupakan dua model yang paling sering digunakan dalam merepresentasikan mekanisme adsorpsi karena memiliki keunggulan yaitu dapat direformulasi dalam bentuk persamaan linier yang memudahkan dalam memvalidasi pola data secara lebih sederhana. Selain itu kedua model ini secara memuaskan dapat merepresentasikan mekanisme adsorpsi yang memungkinkan terjadi dimana model isoterm Freundlich didasarkan pada mekanisme adsorpsi fisika melalui mekanisme gaya Van Der Waals pada permukaan adsorben dan model isoterm Langmuir didasarkan pada mekanisme adsorpsi kimia melalui pembentukan formasi ikatan kimiawi (Wang & Guo, 2020).

Aplikasi kitin dalam adsorpsi ion logam sudah banyak dilakukan dengan menggunakan media larutan logam teknis dan limbah cair. Penelitian terkait aplikasi kitin sebagai adsorben logam berat pada perairan maupun air di daerah lokasi pertambangan masih sangat terbatas. Salah satu media yang dapat digunakan untuk menganalisis efektifitas kitin sebagai adsorben logam berat adalah air kolong. Air kolong merupakan air yang terdapat pada lubang-lubang bekas galian penambangan timah yang banyak ditemukan di Pulau Bangka dan sebagian kecil juga dapat ditemukan di Pulau Belitung (Aldila, et al., 2020). Air kolong mengandung beberapa logam berat yang cukup berbahaya diantaranya Cu, Pb, Zn dan Fe (Aldila, et al., 2021). Air kolong sangat potensial dimanfaatkan sebagai cadangan sumber air baku bagi masyarakat sekitar akan tetapi dengan adanya kandungan logam berat yang tinggi tentu menjadi persoalan yang sangat mendasar.

Pada penelitian ini telah dilakukan aplikasi kitin yang diekstrak dari limbah kulit udang (*Penaeus semisulcatus*) yang telah dimodifikasi melalui proses deasetilasi menggunakan NaOH sebagai adsorban ion logam tembaga (Cu(II)) pada air kolong. Mekanisme adsorpsi Cu(II) pada kitin terdeasetilasi dianalisis menggunakan model isoterm Freundlich dan Langmuir. Analisis ini didasarkan pada data konsentrasi awal (konsentrasi Cu (II) pada air kolong) dan konsentrasi kesetimbangan Cu (II) setelah kontak dengan kitin terdeasetilasi pada variasi waktu 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 menit.

METODOLOGI

Bahan

Sampel kitin terdeasetilasi dari limbah kulit udang telah diekstraksi dan dianalisis gugus fungsi dan nilai derajat deasetilasinya pada penelitian sebelumnya (Aldila, et al., 2020) dimana nilai derajat deasetilasi disajikan pada Tabel 1.

Kitin yang digunakan merupakan kitin yang diekstraksi dari limbah cangkang udang dari sentra industri udang ebi skala rumah tangga di daerah Pulau Panjang Kabupaten Bangka Selatan. Proses ekstraksi kitin dari limbah udang (yang sebagian besar berasal dari spesies *Penaeus semisulcatus*) dilakukan secara bertahap mulai dari tahap deproteinisasi menggunakan NaOH, demineralisasi menggunakan HCl hingga dekolonisasi menggunakan NaClO. Tahap deasetilasi kitin menggunakan NaOH dengan variasi konsentrasi

20, 40 dan 60% (%W) dengan diaduk selama 1 jam pada suhu ruang (Aldila, et.al, 2022). Nilai derajat deasetilasi kitin yang diperoleh pada masing-masing variasi konsentrasi NaOH diperoleh dengan menganalisis kurva spektra *Fourier Transform Infrared* (FTIR) *Spectrometers* tipe Thermo Fisher Scientific: Nicolet 8700 pada rentang 600 - 4000 cm⁻¹ dengan menggunakan metode *baseline* (Aldila, et al., 2020).

Tabel 1. Nilai derajat deasetilasi kitin pada masing-masing variasi konsentrasi NaOH.

Konsentrasi NaOH (%)	Derajat Deasetilasi (%)
20	65,72
40	67,44
60	88,98

Air kolong yang digunakan pada penelitian ini diambil dari daerah kecamatan Sungailiat Kabupaten Bangka pada tahun 2021 dimana kegiatan penambangan timah masih berlangsung pada daerah sekitar kolong tersebut.

Prosedur

Proses adsorpsi logam Cu (II) pada kitin terdeasetilasi dilakukan dengan cara mereaksikan 1 gram kitin terdeasetilasi dengan 500 mL air kolong sambil diaduk pada variasi waktu selama 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 menit. Pemilihan variasi waktu kontak didasarkan pada konsentrasi logam Cu (II) yang relatif kecil sehingga proses adsorpsi berlangsung relatif singkat (Estiaty, 2012). Penentuan konsentrasi Cu (II) pada air kolong dan pada masing-masing variasi waktu kontak menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) tipe Perkin-Elmer 3100 pada panjang gelombang 248 nm.

Analisis model isoterm adsorpsi Cu (II) oleh kitin terdeasetilasi diawali dengan menentukan jumlah massa Cu (II) yang teradsorpsi per massa kitin terdeasetilasi menggunakan persamaan:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} V \quad .1$$

dimana V merupakan volume air kolong dan m adalah massa kitin terdeasetilasi yang digunakan.

Model isoterm adsorpsi yang digunakan pada penelitian ini adalah model isoterm Freundlich dan Langmuir. Kedua model ini telah banyak digunakan dalam mendeskripsikan sistem adsorpsi pada kondisi isotermal (suhu konstan selama proses adsorpsi). Hal ini

dikarenakan model tersebut mampu mendeskripsikan distribusi adsorpsi kation logam terlarut pada permukaan adsorben pada saat kondisi kesetimbangan tercapai sehingga dapat digunakan untuk menentukan kuantitas kapasitas adsorpsi maksimum adsorben. Secara empiris kedua model tersebut didasarkan pada hubungan jumlah massa kation logam yang teradsorpsi (q_e) terhadap konsentrasi kation logam pada kondisi kesetimbangan (C_e) yang selama proses adsorpsi tidak terjadi perubahan suhu. Adapun model isoterm Freundlich didasarkan pada Persamaan 2 yang secara linier dapat direformulasikan menjadi Persamaan 3.

$$q_e = K_F C_e^{1/n} \quad .2$$

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad .3$$

dimana K_F merupakan kapasitas adsorpsi relatif adsorben (mg/g) dan $\frac{1}{n}$ merupakan konstanta indikatif yang berkaitan dengan intensitas adsorpsi. Sedangkan model isoterm Langmuir didasarkan pada Persamaan 4 yang secara linier juga dapat direformulasikan menjadi Persamaan 5.

$$q_e = \frac{q_0 b C_e}{1 + b C_e} \quad .4$$

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_0} + \frac{1}{q_0 b} \frac{1}{C_e} \quad .5$$

dimana q_0 merupakan kapasitas adsorpsi lapisan tunggal adsorben (mg/g) dan b merupakan konstanta indikatif yang berkaitan dengan energi adsorpsi. Berdasarkan Persamaan 3 dan 5 akan diperoleh kurva linier masing-masing $\log q_e$ terhadap $\log C_e$ (model isoterm Freundlich) dan $\frac{1}{q_e}$ terhadap $\frac{1}{C_e}$ (model isoterm Langmuir) dengan R^2 merupakan nilai linieritas kurva (nilainya berkisar antara 0 hingga 1) yang mendeskripsikan kesesuaian antara pola data dengan model linier isoterm yang digunakan. Kecocokan model isoterm adsorpsi ditentukan berdasarkan nilai R^2 pada masing-masing kurva. Untuk menentukan efektifitas adsorpsi Cu (II) pada kitin terdeasetilasi ditentukan berdasarkan nilai persentase adsorpsi (η) pada persamaan 6.

$$\eta = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100\% \quad .6$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi awal pada air kolong timah di daerah Kecamatan Sungailiat Bangka (C_0) dan konsentrasi kesetimbangan Cu (II) pada berbagai variasi waktu kontak (C_e) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai derajat deasetilasi kitin dan data konsentrasi Cu (II) pada masing-masing variasi kontak.

Konsentrasi NaOH (%)	Derajat Deasetilasi (%)	C_0 (mg/L)	C_e (mg/L)					
			5 Min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min
20	65,72	0,32	0,102	0,088	0,063	0,051	0,040	0,035
40	67,44		0,097	0,081	0,053	0,040	0,030	0,023
60	88,98		0,047	0,044	0,035	0,021	0,012	0,009

Jumlah Cu (II) pada air kolong yang terserap per satuan massa kitin terdeasetilasi pada masing-masing variasi waktu kontak dihitung menggunakan Persamaan 1 yang disajikan pada Tabel 3. Nilai derajat deasetilasi dan waktu kontak berpengaruh terhadap jumlah Cu (II) yang terserap. Semakin besar nilai derajat deasetilasi untuk nilai waktu kontak yang sama jumlah Cu (II) yang terserap juga semakin tinggi. Nilai derajat deasetilasi merepresentasikan jumlah gugus amina ($-NH_2$)

yang terdapat pada struktur kitin yang berasal dari proses deasetilasi gugus asetamida ($-CH_3CONH_2$). Gugus amina merupakan gugus aktif yang mampu mengikat kation logam secara efektif dibandingkan gugus asetamida (Azhar et al., 2010). Semakin tinggi nilai derajat deasetilasi kitin mengindikasikan jumlah gugus amina pada struktur kitin juga semakin meningkat sehingga dapat lebih banyak mengikat kation Cu (II).

Tabel 3. Jumlah Cu (II) yang terserap pada masing-masing variasi kontak.

Derajat Deasetilasi (%)	q_e (mg/g)					
	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min
65,72	0,1090	0,1160	0,1285	0,1345	0,1400	0,1425
67,44	0,1115	0,1195	0,1335	0,1400	0,1450	0,1485
88,98	0,1365	0,1380	0,1425	0,1495	0,1540	0,1555

Berdasarkan Tabel 3 juga dapat diamati bahwa semakin meningkatnya waktu kontak maka jumlah Cu (II) yang terserap juga semakin meningkat. Peningkatan jumlah Cu (II) yang terserap relatif cukup rendah hal ini diduga akibat proses adsorpsi terjadi pada daerah kesetimbangan tidak pada daerah linier. Daerah linier merupakan daerah ketika proses adsorpsi berjalan secara proporsional dimana jumlah serapan adsorbat secara signifikan mengalami perubahan seiring dengan penambahan adsorben maupun meningkatnya waktu kontak. Daerah kesetimbangan merupakan daerah dimana proses adsorpsi menjadi melambat diantaranya diakibatkan oleh jumlah adsorbat yang relatif rendah maupun waktu kontak yang relatif singkat (Estiaty, 2012). Dalam penelitian ini diduga proses adsorpsi terjadi pada daerah kesetimbangan yang disebabkan oleh jumlah Cu (II) mula-mula pada air kolong (C_0) yang relatif rendah. Hal ini juga dapat dilihat pada Tabel 4

dimana untuk kitin yang memiliki nilai derajat deasetilasi yang sama nilai persentase adsorpsi Cu (II) juga relatif tidak jauh berbeda pada masing-masing variasi waktu kontak yang berdekatan khususnya pada waktu 20 hingga 30 menit. Jumlah Cu (II) yang relatif rendah menyebabkan laju adsorpsi kitin terdeasetilasi menurun. Laju adsorpsi mendeskripsikan proses difusi adsorbat pada permukaan adsorben. Proses difusi ini akan menjadi sulit jika jarak antara adsorben dengan kation adsorbat terlalu tinggi disebabkan oleh jumlah (konsentrasi) kation adsorbat yang relatif rendah (Aldila, et al., 2020; Foroutan et al., 2018; Wang & Guo, 2020). Pada air kolong, logam berat yang merupakan kation adsorbat diduga terdispersi merata secara homogen sehingga perbedaan kemungkinan terjadinya kontak dengan adsorben pada waktu kontak yang relatif singkat sangat dimungkinkan terjadi.

Tabel 4. Nilai persentase adsorpsi Cu (II) oleh kitin terdeasetilasi.

Derajat Deasetilasi (%)	η (%)					
	5 Min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min
65,72	68,13	72,50	80,31	84,06	87,50	89,06
67,44	69,69	74,69	83,44	87,50	90,63	92,81
88,98	85,31	86,25	89,06	93,44	96,25	97,19

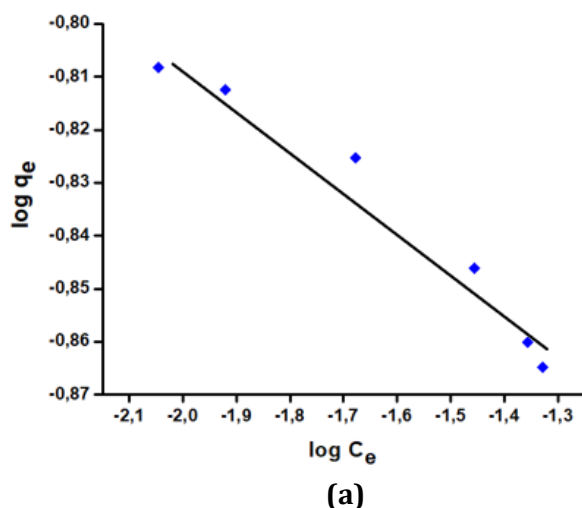
Model isoterm adsorpsi Cu (II) oleh kitin terdeasetilasi direpresentasikan oleh model isoterm Freundlich dan Langmuir berdasarkan Persamaan 3 dan 5 yang disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan nilai linieritas (R^2) untuk masing-masing nilai derajat deasetilasi dapat diamati bahwa secara umum nilai R^2 model isoterm Freundlich relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan model isoterm Langmuir. Grafik model isoterm Freundlich dan Langmuir

pada Gambar 1 menunjukkan bahwa pola grafik model isoterm Freundlich memiliki kecenderungan pola grafik linier dibandingkan dengan model isoterm Langmuir. Hal ini mengindikasikan bahwa model isoterm Freundlich merupakan model yang cocok mendeskripsikan mekanisme adsorpsi Cu (II) pada air kolong oleh kitin limbah cangkang udang terdeasetilasi sesuai dengan bentuk formulasi Persamaan 3.

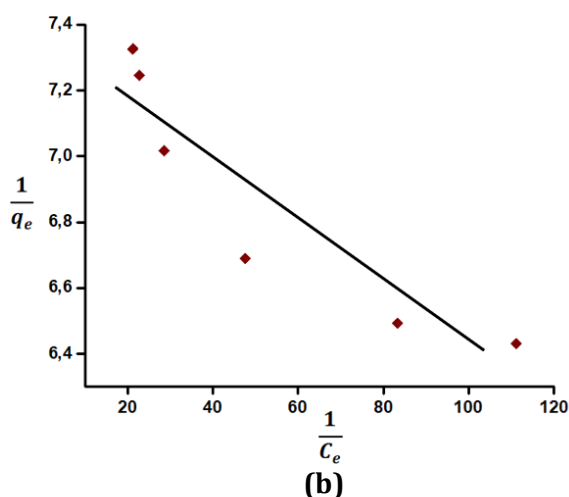
Tabel 5. Model isoterm adsorpsi Cu (II) oleh kitin terdeasetilasi.

Derajat Deasetilasi (%)	Model Isoterm Adsorpsi				
	Freundlich		Langmuir		
	Persamaan	R^2	Persamaan	R^2	
65,72	$\log q_e = -0,2479 \log C_e - 1,1989$	0,9708	$\frac{1}{q_e} = -0,1088 \frac{1}{C_e} + 9,8603$	0,8859	
67,44	$\log q_e = -0,1977 \log C_e - 1,1401$	0,9515	$\frac{1}{q_e} = -0,0624 \frac{1}{C_e} + 9,0919$	0,8109	
88,98	$\log q_e = -0,0789 \log C_e - 0,9648$	0,9603	$\frac{1}{q_e} = -0,0096 \frac{1}{C_e} + 7,3686$	0,8471	

Model isoterm adsorpsi Freundlich mendeskripsikan bahwa mekanisme adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben dimana adsorbat membentuk lapisan multilayer pada permukaan adsorben. Masing-masing lapisan permukaan ini memiliki kapasitas adsorpsi yang berbeda bergantung pada jarak dengan permukaan adsorben. Semakin jauh jarak lapisan permukaan dengan permukaan adsorben maka kapasitas adsorpsinya akan semakin menurun. Ikatan Cu (II) pada permukaan kitin diduga akibat adanya gaya Van der Waals dimana merupakan gaya tarik lemah



antar kation Cu (II) dengan permukaan kitin. Hal ini terjadi akibat gaya tarik molekuler antara zat terlarut dengan permukaan adsorben lebih besar daripada gaya tarik antara zat terlarut dengan pelarutnya (Foroutan et al., 2018). Karena gaya Van der Waals merupakan gaya yang relatif lemah sehingga memungkinkan kation logam yang teradsorpsi dalam hal ini Cu (II) mampu bergerak bebas disekitar permukaan adsorben dan tidak hanya menetap di satu titik sehingga menghasilkan multilayer pada permukaan adsorben dan dapat bersifat reversibel (Wang & Guo, 2020).



Gambar 1. Model isoterm adsorpsi: (a) Freundlich dan (b) Langmuir pada kitin dengan nilai derajat deasetilasi 88,98%.

KESIMPULAN

Peningkatan jumlah Cu (II) dalam air kolong yang teradsorpsi meningkat seiring dengan peningkatan nilai derajat deasetilasi kitin dan waktu kontak. Kondisi optimum adsorpsi Cu (II) pada kitin limbah cangkang udang terdeasetilasi tercapai pada kitin yang dideasetilasi menggunakan NaOH 60% dimana nilai derajat deasetilasinya sebesar 88,98% selama 30 menit yaitu sebesar 97,19%. Peningkatan konsentrasi NaOH menyebabkan meningkatnya laju difusi OH^- yang mengakibatkan efektifitas serangan OH^- terhadap gugus karbon karbonil pada asetamida kitin meningkat sehingga proses deasetilasi kitin menjadi lebih efektif. Model isoterm adsorpsi Cu (II) dalam air kolong oleh kitin limbah cangkang udang terdeasetilasi direpresentasikan oleh model isoterm Freundlich dimana Cu (II) membentuk lapisan multilayer pada permukaan kitin terdeasetilasi yang diduga akibat adanya gaya Van der Waals.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Bangka Belitung atas pendanaan penelitian melalui skema Penelitian Akselerasi No. 478.D/UN50/L/PP/2021 untuk Tahun Pelaksanaan 2021.

REFERENSI

- Aldila, H., Dalimunthe, D. Y., & Nuryadin, A. (2020). Extraction of chitosan from shrimp shells waste as Cu metal ions adsorbent in post tin mining 's water. *Promine Journal*, 8(2), 65–71.
- Azhar, M., Efendi, J., Syofyeni, E., Lesi, R. M., & Novalina, S. (2010). Pengaruh konsentrasi NaOH dan KOH terhadap derajat deasetilasi kitin dari limbah kulit udang. *Eksakta Journal*, 1, 1–8.
- Chen, A. H., Liu, S. C., Chen, C. Y., & Chen, C. Y. (2008). Comparative adsorption of Cu(II), Zn(II), and Pb(II) ions in aqueous solution on the crosslinked chitosan with epichlorohydrin. *Journal of Hazardous*

- Materials*, 154(1–3), 184–191.
- Correa-Murrieta, M. A., López-Cervantes, J., Sánchez-Machado, D. I., Sánchez-Duarte, R. G., Rodríguez-Núñez, J. R., & Núñez-Gastélum, J. A. (2012). Fe(II) and Fe(III) adsorption by chitosan-tripolyphosphate beads: kinetic and equilibrium studies. *Journal of Water Supply: Research and Technology - Aqua*, 61(6), 331–341.
- EL Knidri, H., Dahmani, J., Addaou, A., Laajeb, A., & Lahsini, A. (2019). Rapid and efficient extraction of chitin and chitosan for scale-up production: Effect of process parameters on deacetylation degree and molecular weight. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139, 1092–1102.
- Estiaty, L. M. (2012). Kesetimbangan dan kinetika adsorpsi ion Cu^{2+} pada zeolit-H. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 22(2), 115.
- Foroutan, R., Esmaeili, H., Abbasi, M., Rezakazemi, M., & Mesbah, M. (2018). Adsorption behavior of Cu(II) and Co(II) using chemically modified marine algae. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 39(21), 2792–2800.
- Kotrly & Sucha. (1985). Chemical equilibria in analytical chemistry. Ellis Horwood Ltd.
- Kyzas, G. Z., Bikiaris, D. N., & Lazaridis, N. K. (2008). Low-swelling chitosan derivatives as biosorbents for basic dyes. *Langmuir*, 24(9), 4791–4799.
- Laus, R., & De Fávere, V. T. (2011). Competitive adsorption of Cu(II) and Cd(II) ions by chitosan crosslinked with epichlorohydrin-triphosphate. *Bioresource Technology*, 102(19), 8769–8776.
- Liu, Q., Li, Y., Chen, H., Lu, J., Yu, G., Möslang, M., & Zhou, Y. (2020). Superior adsorption capacity of functionalised straw adsorbent for dyes and heavy-metal ions. *Journal of Hazardous Materials*, 382.
- Mohan, K., Ganesan, A. R., Ezhilarasi, P. N., Kondamareddy, K. K., Rajan, D. K., Sathishkumar, P., Rajarajeswaran, J., & Conterno, L. (2022). Green and eco-friendly approaches for the extraction of chitin and chitosan: a review. *Carbohydrate Polymers*, 287, 119349.
- Pakizeh, M., Moradi, A., & Ghassemi, T. (2021). Chemical extraction and modification of chitin and chitosan from shrimp shells. *European Polymer Journal*, 159, 110709.
- Rasweefali, M. K., Sabu, S., Sunooj, K. v., Sasidharan, A., & Xavier, K. A. M. (2021). Consequences of chemical deacetylation on physicochemical, structural and functional characteristics of chitosan extracted from deep-sea mud shrimp. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100032.
- Rohindra, D. R., Nand, A. V., & Khurma, J. R. (2004). Swelling properties of chitosan hydrogels. *The South Pacific Journal of Natural and Applied Sciences*, 22(1), 32–35.
- Subramanyam, B., & Ashutosh, D. (2012). Adsorption isotherm modeling of phenol onto natural soils-Applicability of various isotherm models. *International Journal of Environmental Research*, 6(1), 265–276.
- Tangpasuthadol, V., Pongchaisirikul, N., & Hoven, V. P. (2003). Surface modification of chitosan films. Effects of hydrophobicity on protein adsorption. *Carbohydrate Research*, 338(9), 937–942.
- Wang, J., & Guo, X. (2020). Adsorption isotherm models: Classification, physical meaning, application and solving method. *Chemosphere*, 258, 127279.