

Isoterm Adsorpsi Ion Cr(III) Oleh Kitosan Hasil Isolasi Limbah Kepiting Rajungan dan Kitosan Komersil

Isotherm Adsorption of Cr(III) Ions by Chitosan Isolated Rajungan Crab Waste and Commercial Chitosan

Rahayu*, Matheis.F.J.D.P. Tanasale, Adriani Bandjar

Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Pattimura University, Kampus Poka, Jl. Ir. M. Putuhena, Ambon-Indonesia 97134

*Corresponding Author: rahayumahmud09@gmail.com

Received: 2020-1-10
Received in revised: 2020-3-10
Accepted: 2020-5-25
Available online: 2020-5-31

Abstract

The chitin isolation from crab Rajungan (Portunus sanguinolentus) and commercial chitin was done. The chitosan was made by deasetilation of chitin using alkaline solution with addition NaBH₄. The chitin and chitosan were identified by related instrument. The identification by adsorption Cr(III) ion on chitosan was done by the Atomic Absorption Spectrofotometry. The result of the chitosan isolation was fitted to the Freundlich isotherm, with $K_F = 1.18673$ mg/g and $1/n = 0.2712$.

Keywords: Chitin, Cr(III) ion, chitosan, Freundlich isotherm

Abstrak (Indonesian)

Isolasi kitin dari kepiting Rajungan (*Portunus sanguinolentus*) dan kitin komersial telah dilakukan. Sintesis kitosan melalui deasetilasi kitin dengan menggunakan larutan basa dengan penambahan NaBH₄. Identifikasi gugus fungsi kitin dan kitosan dilakukan dengan dengan instrument yang relevan. Penentuan adsorpsi ion Cr(III) oleh kitosan dilakukan dengan spektrofotometer serapan atom. Hasil yang diperoleh hanya pada kitosan isolasi yaitu mengikuti isotherm Freundlich dengan $K_F = 1,18673$ mg/g and $1/n = 0,2712$.

Kata Kunci: Kitin, ion Cr(III), kitosan, isotherm Freundlich

PENDAHULUAN

Rajungan adalah jenis kepiting yang paling terkenal dan banyak diekspor. Sebelum diekspor rajungan dipisahkan dari cangkangnya, sehingga cangkangnya dibuang dan menjadi limbah yang dapat mencemari lingkungan karena pemanfaatannya belum maksimal. Cangkang kepiting rajungan ini merupakan bagian tubuh yang bersifat sebagai pelindung karena bertekstur keras yang tersusun atas zat tanduk atau kitin. Mengingat jumlahnya yang banyak dan hanya menjadi limbah bagi lingkungan saja, maka perlu dimanfaatkan untuk keperluan lain yang lebih bermanfaat. Limbah cangkang dari kepiting Rajungan mengandung kitin, protein, dan mineral, sehingga perlu dilakukan proses demineralisasi dan deproteinasi untuk menghasilkan kitin.

Kitin dapat menghasilkan turunannya melalui proses deasetilasi yang disebut kitosan (Tarafdar dkk., 2013). Kitosan tidak beracun, bersifat semi kristal dan dapat terbiodegradasi. Kitosan efektif dijadikan

adsorben karena strukturnya dominan memiliki gugus fungsi hidroksil dan amina. Gugus fungsi ini memiliki peran yang signifikan atau kuat dalam mengikat ion-ion logam berat (Islam dkk., 2019). Daya serap dari kitosan terhadap bahan pencemar ini juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH, kadar garam, dll. Kitin dan kitosan juga dapat dimanfaatkan di berbagai industri modern seperti farmasi, biokimia, bioteknologi, kosmetik, dan industri pangan.

Proses konversi kitin menjadi kitosan atau yang disebut dengan deasetilasi kitin menjadi kitosan biasanya dilakukan secara kimia dengan hanya menggunakan basa kuat seperti NaOH. Tanasale dkk., 2012, melakukan konversi kitin menjadi kitosan yang berasal dari kepiting rajungan dengan hasil sebesar 22,06 % sedangkan deasetilasi dari kitin komersil sebesar 62,33%. Hal ini dikarenakan kitosan yang berasal dari kitin komersil memiliki kemurnian yang tinggi (Tanasale dkk., 2016). Akan tetapi suatu kitosan dikatakan paling baik mutunya tidak hanya

dilihat dari presentasi kemurniannya saja tetapi juga kitosan yang memiliki derajat deasetilasi dan berat molekul yang besar. Dengan demikian, proses deasetilasi kitin yang dapat menghasilkan kitosan yang bermutu paling baik, harus dilakukan dengan suatu proses konversi kitin menjadi kitosan secara kimia dengan menggunakan basa kuat pekat seperti NaOH dalam kondisi panas dan dengan adanya penambahan NaBH_4 . Karena kondisi terbaik dari suatu preparasi kitosan didapatkan dengan menggunakan suatu larutan NaOH dan tambahan NaBH_4 sebagai zat pelindung yang dapat menghasilkan kitosan dengan berat molekul dan derajat deasetilasi yang besar sebab NaBH_4 berfungsi sebagai reduktor yang menyumbangkan H^+ pada proses reaksi desetilasi (Gylien dkk., 2003). Larutan NaOH (40 %) dan NaBH_4 sebagai zat pelindung untuk melawan oksidasi dan degradasi dari cincin polimer, mengubah aldehida polisakarida menjadi gugus alditol. Kegunaan dari BH_4^- untuk memungkinkan trapping radikal sehingga memperoleh kitosan dengan berat molekul yang besar. Perbedaan ini disebabkan karena kitin komersil memiliki kemurnian yang tinggi sehingga kandungan kitosan juga tinggi. Ini juga menunjukkan bahwa hasil isolasi yang dilakukan masih mengandung zat-zat yang akan larut dalam larutan basa kuat panas

Limbah merupakan bahan buangan atau zat sisa dari proses pembuatan suatu produk di industri atau limbah domestik yang kurang memiliki nilai guna. Kebanyakan limbah dibuang begitu saja sehingga dapat mencemari lingkungan. Limbah biasanya langsung dibuang ke perairan sehingga menjadi polutan di perairan. Polusi air ini merupakan sumber masalah dalam kehidupan yang terakumulasi dari hari ke hari dan memberikan dampak yang cukup besar terhadap kestabilan alam (Ramasubramaniam dkk., 2012). Logam berat merupakan jenis limbah pencemar yang sangat berbahaya dalam lingkungan hidup karena bersifat tak terbiodegradasi, toksik, serta mampu mengalami bioakumulasi dalam rantai makanan. Keberadaan logam di perairan umumnya merupakan limbah industri dan jarang industri-industri tersebut hanya menghasilkan satu jenis logam (Laksono dkk., 2010). Bahaya yang dapat ditimbulkan dari keracunan logam berat bila masuk ke dalam tubuh manusia adalah akan mengganggu atau menghambat sistem kerja enzim dalam tubuh, sehingga sistem metabolisme tubuh pun ikut terganggu.

Salah satu logam berat yang terutama bersifat racun adalah krom (Cr). Logam ini dapat masuk ke perairan dan bersifat sebagai pencemar karena akibat

dari buangan industri seperti peralatan rumah tangga, mobil, dan bahan pemberi warna cemerlang pada perkakas dari logam. Bila terjadi peningkatan kelarutan krom pada perairan sehingga melebihi nilai ambang batas yang seharusnya maka dapat membunuh biota perairan. Dengan memiliki sifat reaktifitas kimia yang tinggi maka kitosan hasil deasetilasi dengan penambahan NaBH_4 dari limbah kepiting dapat berpotensi sebagai teknik alternatif untuk mencegah pencemaran logam Cr dengan biaya pengoperasian yang murah dan bahannya yang melimpah di Maluku. Logam berat pada umumnya memiliki daya racun yang mematikan terhadap organisme pada kondisi yang berbeda-beda, meskipun daya racun yang ditimbulkan oleh satu jenis logam berat terhadap semua biota perairan tidak sama, namun kehancuran dari satu kelompok dapat terputusnya satu mata rantai kehidupan. Keadaan ini akan terjadi bila konsentrasi kelarutan logam berat pada perairan tersebut cukup tinggi. Sebagai logam berat, Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Sifat racun yang dibawa oleh logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis. Efek keracunan yang dapat ditimbulkannya ini berupa penyakit kanker paru-paru, limpa, ginjal, hati dan tulang.

Tingginya resiko pencemaran lingkungan oleh ion logam berat seperti Cr, memberikan konsekuensi perlunya sistem pengolahan limbah yang baik. Sistem pengolahan limbah harus dapat menurunkan kadar polutan seperti ion logam berat hingga batas aman (Sulastris dkk., 2014). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meminimalkan atau menghilangkan keberadaan logam berat di lingkungan adalah dengan proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu proses atau teknik yang terjadi secara fisika-kimia dimana terjadi perpindahan massa antara fasa cair (adsorbat) dan fasa padat (adsorben) (Rahayu dkk., 2016). Metode ini paling banyak digunakan karena aman, dapat didaur ulang dan tidak membutuhkan peralatan yang mahal dan rumit (Prabaningrum dkk., 2009). Oleh karena itu, dalam metode adsorpsi ini kitosan dapat digunakan sebagai adsorben dan ion Cr(III) sebagai adsorbat. Hal ini dikarenakan dalam kondisi asam berair, sisi aktif kitosan yang berupa gugus asam amino ($-\text{NH}_2$) akan menangkap H^+ dari lingkungannya untuk terprotonasi menjadi $-\text{NH}_3^+$ yang akan berfungsi untuk mengadsorpsi zat warna anionik, sedangkan untuk adsorpsi kation logam atau zat warna kationik dapat memanfaatkan pasangan electron bebas pada gugus OH dan NH_3 yang berfungsi sebagai ligan (Tanasale dkk., 2012).

Berdasarkan latar belakang di atas pada penelitian ini dilakukan studi kemampuan adsorpsi kitosan isolasi dari kepiting rajungan dan kitosan komersil terhadap ion Cr(III).

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan yaitu seperangkat peralatan gelas, blender, hot plate (cimarec 2), oven (memert), penyaring Buchner, pompa vakum, shaker (KS 250 basic), spektrofotometer serapan atom (SSA) 6300 Shimadzu, tapisan ukuran 40 mesh, termometer, timbangan analitik. Bahan-bahan yang digunakan yaitu limbah cangkang kepiting rajungan, asam klorida p.a (E. Merck), Asam sulfat p.a (E. Merck), Kertas pH Indikator, Kertas saring Whatman, Aquades, Natrium hidroksida p.a (E. Merck), natrium borohidrat p.a (E. Merck), $K_2S_2O_8$ p.a (E. Merck), $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ p.a (E. Merck).

Prosedur kerja

Isolasi Kitin

Persiapan sampel

Limbah dibawa dengan penanganan dingin dengan memakai hancuran es. Mula-mula limbah kepiting dicuci dengan air untuk menghilangkan kotoran, kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu $65^\circ C$ selama 24 jam. Setelah itu limbah kepiting dihaluskan untuk mendapatkan ukuran partikel 40 mesh.

Tahap pemisahan protein (deproteinasi)

400 g limbah kepiting ditambahkan NaOH 160 g/L dengan perbandingan 1:10 (w/v), kemudian dibiarkan pada suhu kamar selama 3 hari, selanjutnya disaring dengan kertas saring setelah itu residu yang dihasilkan dicuci dengan aquades sampai pH netral dan dikeringkan di dalam oven pada suhu $60^\circ C$ selama 4 jam.

Tahap pemisahan mineral (demineralisasi)

Residu hasil tahap deproteinasi ditambahkan 172 mL HCl 3,4465 M kemudian ditambahkan 2000 mL H_2O , kemudian dipanaskan pada suhu $40^\circ C$ selama 3 jam, setelah itu disaring dengan kertas saring, residu yang dihasilkan dicuci dengan aquades sampai pH netral dan dikeringkan di dalam oven pada suhu $60^\circ C$ selama 4 jam.

Tahap penghilangan zat warna (depigmentasi)

Residu hasil tahap demineralisasi ditambahkan 500 ml H_2O kemudian ditambahkan 50 ml H_2SO_4 1,6727 M dan dilakukan pemutihan dengan

penambahan $K_2S_2O_8$ sebanyak 100g/L kemudian dicuci dengan aquades sampai pH netral dan dikeringkan di dalam oven pada suhu $60^\circ C$ selama 4 jam.

Deasetilasi Kitin Menghasilkan Kitosan

Proses deasetilasi kitin dilakukan untuk sampel kitin hasil isolasi dan kitin komersial. Kitin yang telah dihasilkan ditimbang sebanyak 25 g ditambahkan 150 g/L NaOH kemudian dipanaskan pada suhu $110^\circ C$ selama 2 jam, kemudian disaring, dicuci dengan aquades sampai pH netral, dan dikeringkan di dalam oven pada suhu $60^\circ C$ selama 4 jam. Selanjutnya, dihasilkan kitosan.

Pembuatan Larutan Standar Cr (III)

Larutan standar Cr dibuat dari senyawa $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$. Larutan induk Cr dibuat dengan menimbang 7,698 g $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ ke dalam beaker gelas kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 1000 ml. Setelah itu menambahkan aquades sampai tanda batas, larutan standar yang diperoleh mempunyai konsentrasi 1000 ppm. Selanjutnya diambil 10 ml dan diencerkan dalam labu takar 100 ml dengan aquades sampai tanda batas sehingga didapatkan Cr 100 ppm. Dari 100 ppm diambil 5 ml diencerkan sampai 100 ml dengan aquades untuk 5 ppm, selanjutnya dilakukan prosedur yang sama untuk konsentrasi 10; 15; 20 ppm.

Adsorpsi logam Cr (III)

Kitosan sebanyak 200 mg ditambahkan dan diinteraksikan dengan 20 mL larutan logam Cr (III) selama 2 jam. Konsentrasi larutan Cr(III) 5; 10; 15; 20 mg/L. Larutan dishaker dan sisa filtrat yang diperoleh ditentukan kadar Cr(III) dengan SSA. Persentase kapasitas penjerapan kitosan dapat dihitung menggunakan persamaan 1 (Sekewael dkk. 2013).

$$Q = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (1)$$

dimana, C_0 = konsentrasi ion Cr(III) sebelum diadsorpsi, C_e = konsentrasi ion Cr(III) yang bebas dalam larutan, x/m = jumlah mol ion Cr(III) yang terjerap dan Q = persentase penjerapan.

Untuk menentukan model isoterm yang diikuti oleh proses adsorpsi logam Cr(III) oleh kitosan isolasi dan kitosan komersil maka digunakan persamaan regresi linear dengan membandingkan nilai koefisien korelasi (R^2) dari grafik hubungan nilai $C_e/(x/m)$ vs C_e untuk isoterm Langmuir dan nilai $\ln C_e$ vs $\ln(x/m)$ untuk isoterm Freundlich, dimana nilai x/m

merupakan jumlah mol logam Cr(III) yang teradsorpsi oleh kitosan isolasi ataupun kitosan komersil.

Berdasarkan data korelasi yang telah diperoleh maka didapatkan nilai besarnya penjerapan kitosan terhadap ion Cr(III) dengan persamaan :

$$\ln\left(\frac{x}{m}\right) = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C \quad (2)$$

Dimana konstanta K_F merupakan nilai kapasitas jerap kitosan terhadap logam Cr(III) dan nilai $1/n$ merupakan indikator ketergantungan konsentrasi adsorpsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penjerapan ion Cr(III) oleh kitosan

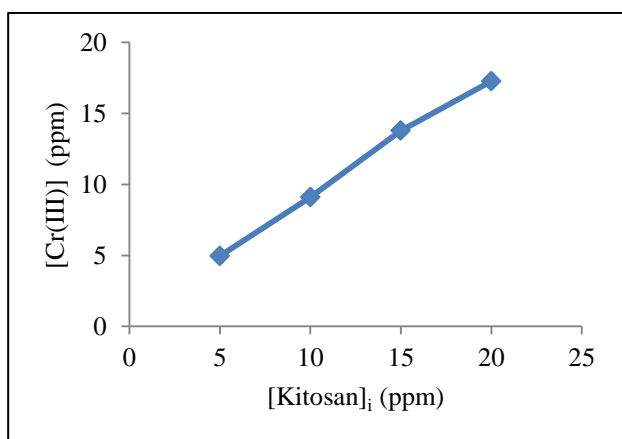
Hasil analisa logam krom setelah penambahan kitosan dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15 dan 20 ppm dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data penjerapan logam Cr oleh kitosan

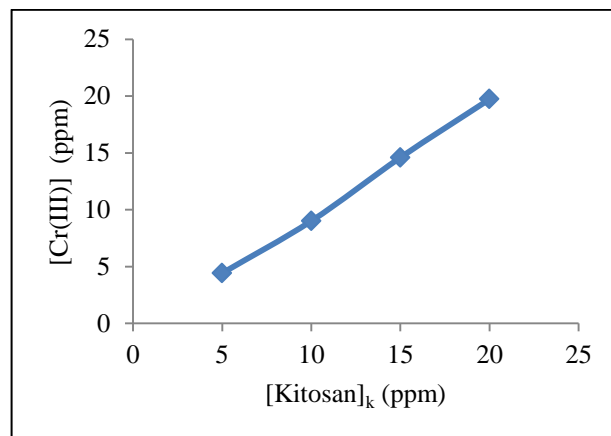
[Cr] ₀ (ppm)	[Cr] ₁ (ppm)		[Cr] _{teradsorpsi}	
	K Isolasi	K Komersil	K Isolasi	K Komersil
5	0,034	0,572	4,965	4,427
10	0,899	0,985	9,1	9,014
15	1,217	0,401	13,783	14,599
20	2,763	0,272	17,236	19,728

Keterangan :

- [Cr]₀ = Konsentrasi logam Cr sebelum penjerapan dengan kitosan
- [Cr]₁ = Konsentrasi logam Cr setelah proses penjerapan dengan kitosan
- [Cr]_{ter} = Konsentrasi logam Cr yang terjerap oleh kitosan
- K Isolasi = Kitosan Isolasi
- K Komersil = Kitosan Komersil



(a)



(b)

Gambar 1. Grafik adsorpsi Cr(III) yang terserap oleh (a) kitosan isolasi, (b) kitosan komersil

Gambar 1 menunjukkan peningkatan adsorpsi kitosan isolasi dan kitosan komersil akibat kenaikan konsentrasi ion Cr(III). Hal ini diakibatkan karena semakin banyak ion Cr(III) yang berinteraksi dengan situs aktif kitosan. Untuk menjelaskan penjerapan kitosan terhadap ion logam Cr(III) maka dua persamaan yang umum digunakan yaitu isoterm Langmuir dan persamaan Freundlich. Isoterm Langmuir menghubungkan $C_e/(x/m)$ vs C_e dan isoterm Freundlich menghubungkan $\ln C_e$ vs $\ln(x/m)$. Parameter kedua isoterm adsorpsi tersebut terlihat pada Tabel 2 dan 3.

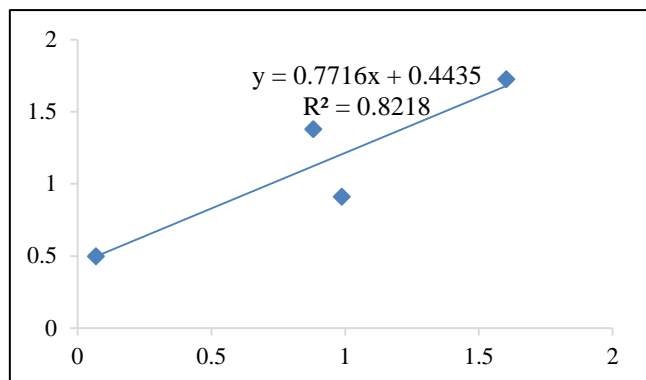
Tabel 2. Parameter isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich kitosan isolasi

Co (ppm)	Ce (ppm)	Co-Ce (ppm)	Q (%)	x/m	Ce/(x/m)	ln Ce	ln (x/m)
5	0,34	4,965	99,312	0,469	0,069	-3,369	-0,700
10	0,899	9,101	91,008	0,910	0,988	-0,106	-0,094
15	1,217	13,783	91,886	1,378	0,882	0,196	0,320
20	2,763	17,263	86,183	1,723	1,603	1,016	0,544

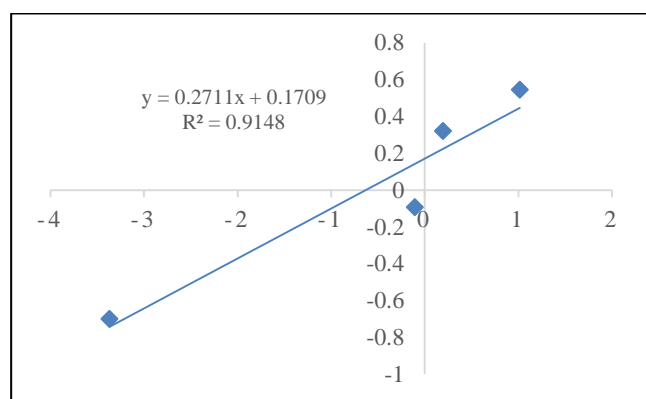
Tabel 3. Parameter isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich kitosan komersil

Co (ppm)	Ce (ppm)	Co-Ce (ppm)	Q (%)	x/m	Ce/(x/m)	ln Ce	ln (x/m)
5	0,572	4,427	88,546	0,442	1,293	-0,557	-0,814
10	0,985	9,014	90,149	0,901	1,092	-0,015	-0,103
15	0,401	14,599	97,326	1,459	0,274	-0,913	0,378
20	0,272	19,728	98,640	1,972	0,137	-1,301	0,679

Dari data Tabel 2 dan 3 maka dapat dibuat kurva isoterm Langmuir dan Freundlich untuk masing-masing kitosan, sehingga dapat ditentukan isoterm adsorpsi yang sesuai untuk adsorpsi ion Cr(III) pada kitosan hasil isolasi dan kitosan komersil yang terlihat pada Gambar 2 dan 3.



(a)



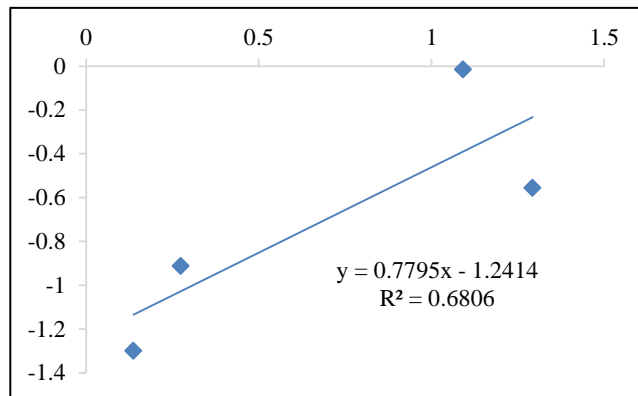
(b)

Gambar 2. (a) Kurva isoterm Langmuir, (b) Kurva isoterm Freundlich dari adsorpsi ion Cr(III) pada kitosan isolasi

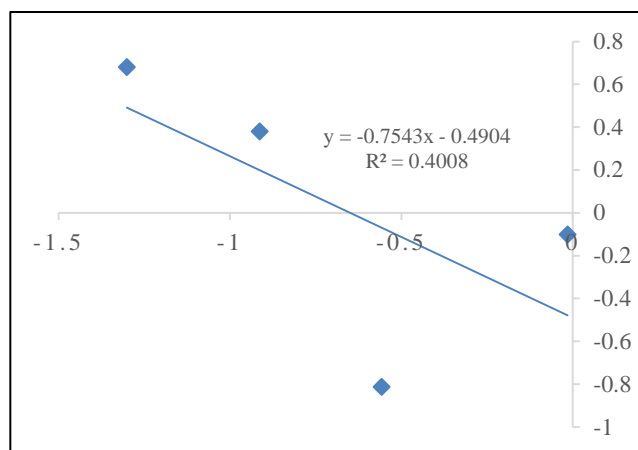
Penentuan tipe isoterm adsorpsi ion Cr(III) dilakukan dengan uji regresi dengan membandingkan koefisien korelasi (R^2). Dari data, terlihat bahwa kecenderungan adsorpsi kitosan terhadap ion Cr(III) dapat ditentukan dari linearitas yang ada, dimana grafik linearitas yang baik adalah yang mempunyai harga koefisien korelasi ($R^2 \geq 0,9$ (mendekati 1) Kecenderungan adsorpsi ion Cr(III) pada kitosan isolasi adalah cenderung mengikuti isotherm Freundlich yang mengartikan bahwa isoterm ini dikembangkan untuk permukaan adsorben yang bersifat heterogen (Sutapa dkk, 2014) karena menunjukkan koefisien korelasi (R^2) yang lebih besar yakni 0,9148 jika dibandingkan dengan isoterm Langmuir yang hanya mencapai 0,8218.

Sebaliknya, yang terjadi pada kitosan komersil, berdasarkan koefisien korelasi yang ditunjukkan pada kurva, maka dapat dilihat bahwa kitosan komersil ini tidak dapat mengikuti isoterm Langmuir ataupun Freundlich karena memiliki nilai (R^2) untuk Langmuir hanya sebesar 0,6806 dan Freundlich 0,4008. Hal ini disebabkan karena kitosan komersil berasal dari kitin murni sehingga pada proses deasetilasi menghasilkan kitosan yang mungkin memiliki permukaan yang

merata, sedangkan kitosan isolasi berasal dari kitin yang mengalami pemurnian secara konvensional sehingga pada proses deasetilasi menghasilkan kitosan yang mungkin memiliki permukaan yang amorf.



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Kurva isoterm Langmuir (b) Kurva isoterm Freundlich dari adsorpsi ion Cr(III) pada kitosan komersil

Berdasarkan data-data korelasi di atas maka yang dapat dihitung besarnya penjerapan kitosan terhadap ion Cr(III) hanyalah pada kitosan isolasi. Berdasarkan persamaan (2) maka diperoleh nilai $1/n$ yang menunjukkan indikator ketergantungan konsentrasi adsorpsi sebesar 0,2712 dan nilai $n = 3,6873$. Menurut Zor (2004) jika $n > 1$ mengindikasikan baiknya penjerapan ion Cr(III) oleh kitosan dan diperoleh nilai K_F sebesar 1,18673 mg/g. Nilai K_F pada penelitian ini berbeda dengan nilai K_F yang diperoleh Wijayanti dkk. (2018) yaitu 76, 923 mg/g dan 76,9 mg/g untuk adsorben tanah yang dipengaruhi penambahan pupuk organik dan tanah andisol dengan 1 gram pupuk dan hasil yang berbeda juga diperoleh Zaharah dkk. (2015) yaitu sebesar 68,965 mg/g untuk adsorben biomassa *Chlorella sp* terimobilisasi pada

kitosan. Hal ini disebabkan karena perbedaan adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi ion Cr. Hasil yang berbeda pula diperoleh pada nilai K_F adsorben kitosan terhadap berbagai adsorbat ion logam, seperti yang diperoleh Agustrya dkk (2015) yaitu sebesar 0,315 mg/g untuk adsorpsi ion Cd(II) pada kitosan terimobilisasi ditizon, dan juga berbeda dengan hasil yang diperoleh Rahayu dkk. (2016) sebesar 0,24 mg/g untuk adsorpsi ion logam Ni(II) oleh kitosan termodifikasi tripolifosfat.

Berbeda juga dengan hasil yang diperoleh Kurniasih dkk. (2014) yaitu sebesar 0,655 mg/g untuk adsorpsi Rhodamin B oleh kitosan serbuk dan 3,3 mg/g untuk adsorpsi Rhodamin B oleh kitosan beads. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi kitosan pun memberikan hasil yang berbeda-beda terhadap berbagai ion logam. Menurut (Lyman dkk., 1995), semakin besar nilai K_F maka semakin besar kapasitas adsorben menyerap adsorbat. Nilai kapasitas yang diperoleh dalam penelitian ini dipengaruhi oleh karena adanya perbedaan perlakuan pada proses deasetilasi yakni dengan adanya penambahan NaBH_4 yang meningkatkan daya jerap kitosan.

KESIMPULAN

Persentase penjerapan tertinggi ion Cr(III) terdapat pada konsentrasi 5 ppm sebesar 99,312 % untuk kitin komersil dan pada konsentrasi 20 ppm sebesar 98,64 % pada kitin isolasi. Isoterm adsorpsi yang diikuti oleh sistem adsorpsi ion Cr(III) pada kitin isolasi adalah isoterm Freundlich dengan nilai $1/n = 0,2712$ dan nilai $K_F = 1,18673$ mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustrya, N., Destriarti, L., Zaharah, T. A., 2015. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Kitosan Terimobilisasi Ditizon Terhadap Cd(II), *J. Kimia Khatulistiwa*, 4, 73-78.
- Gyliene, O., Razmute, I., Tarozoute, R., Nivinskiene, O., 2003. Chemical Composition and Sorption Properties of Chitosan Produced from Fly Larva Shells, *Chemija (Vilnius)*, 14, 121-127.
- Islam, N. M., Khan, M. N., Malik, A. K., Rahman, M. M., 2019. Preparation of Bio-inspired Trimethoxysyl Group Terminated Poly(1-vinylimidazole)-modified-chitosan Composite for Adsorption of Chromium(IV) Ions, *J. Hazardous Materials*, 379, 1-11.
- Kurniasih, M., Riapanitra, A., Rohadi, A., 2014. Adsorpsi Rhodamin B dengan Adsorben Kitosan Serbuk dan Beads Kitosan, *Sains dan Mat.*, 2, 27-33.
- Laksono, E. W., Prodjosantoso, A. K., Ikhsan, J., 2010. Koadsorpsi Cr-Fe oleh kitosan, *J. Penelitian Sainstek*, 13, 95-109.
- Lynam, M. M., Kilduff, J. E., Webber, Jr. J., 1995. Adsorption of p-nitrophenol from Oilute Aqueous Solution, *J. Chem. Ed.*, 72, 81-82.
- Prambaningrum, W., Khabibi., Djunaidi, M. C., 2009. Adsorpsi Ion Besi(III) dan Kadmium(II) Menggunakan Gel Kitosan, *J. Kimia Sains dan Aplikasi*, 12, 47-51.
- Rahayu, P., Khabibi., 2016. Adsorpsi Ion Nikel(II) oleh Kitosan Termodifikasi Tripolifosfat, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, Vol 19. 21-26.
- Ramasubramaniam, S., Govindarajan, C., Gomathi, T., Sudha, P. N., 2012. Removal of Chromium (VI) from Aquous Solution Using Chitosan-strach Blend, *Der Pharmacia Lettre*, Vol 4. 240-248.
- Sekewael, S.J., Tehubijuluw, H., Reawaruw, D. R., 2013. Kajian Kinetika Dan Isoterm Adsorpsi Logam Pb Pada Lempung Asal Desa Ouw, *Ind. J. Chem. Res*, Vol 1. 38-46.
- Sulastri, S., Nuryono., Kartini I., Kunarti, E. S., 2014. Kinetika dan Keseimbangan Adsorpsi Ion Kromium (III) dalam Larutan pada Senyawa Silika dan Modifikasi Silika Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi, *J. Penelitian Sainstek*, 19, 33-44.
- Sutapa, I. W., Siahay, V.P.D., Tanasale, M.F.J.D.P., 2014. Adsorpsi ion logam Cu^{2+} pada pectin dari kulit pisang Tongka Langit (*Musa species Van Balbisina*), *Ind. J. Chem. Res*, 1, 72-77.
- Tanasale, M.F.J.D.P., Killay, A. Laratmase, M.S., 2012. Kitosan Dari Limbah Kulit Kepiting Rajungan (*Portunus sanguinolentus* L.) Sebagai Adsorben Zat Warna Biru Metilena, *J. Natur Indo.*, Vol 14. 165-171.
- Tanasale, M.F.J.D.P., Telussa, I., Sekewael, S.J., Kakerisa, L., 2016. Ekstraksi Dan Karakterisasi Kitosan Dari Kulit Udang Windu (*Penaeus monodon*) Serta Proses Depolimerisasi Kitosan Dengan Hidrogen Peroksida Berdasarkan Variasi Suhu Pemanasan, *Indo. J. Chem. Res*, 3, 308-316.
- Tarafdar, A., and Biswas, G., 2013. Extraction of Chitosan from Prawn Shell Waste and Examination of Its Viable Commercial Applications, *Inter. J. Theoretical and Applied Res. in Mechanical Eng.*, 2. 17-24.
- Wijayanti, A., Susatyo, E. B., Kurniawan, C., Sukarjo., 2018. Adsorpsi Logam Cr(IV) dan

- Cu(II) pada Tanah dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik, *Indo. J. Chem. Sci.*, 7, 242-248.
- Zaharah, T. A., Shofiyani, A., Sayekti, E., 2015. Karakteristik Biomassa *Chlorella* sp Terimobilisasi pada Kitosan untuk Adsorpsi Kromium(III) dalam Larutan, *Alchemy J. Penelitian Kimia*, 11, 15-28.
- Zor, S., 2004. Investigation of the Adsorption of Anionic Surfactants of Different pH values by Means of Active Carbon and the Kinetics of Adsorption, *J. Serh. Chem. Soc.*, 69, 25-32.