

BIOSORPSI Cr(III) PADA BIOSORBENT SERAT SABUT KELAPA HIJAU TERAKTIVASI ASAM NITRAT

I Wayan Sudiarta^{1*}, Ni Putu Diantariani¹ dan Dwi Ariani Yulihastuti²

¹Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana, Bali

²Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana, Bali

ABSTRAK

Sudiarta dkk., 2012. Biosorpsi Cr(III) pada biosorbent serat sabut kelapa hijau teraktivasi asam nitrat

Telah dilakukan penelitian biosorpsi Cr(III) pada biosorben serat sabut kelapa hijau (*cocos mucifera*) teraktivasi asam nitrat. Penelitian ini meliputi penentuan rasio optimum asam nitrat: biosorben dalam aktivasi, penentuan keasaman permukaan biosorben teraktivasi asam nitrat, penentuan kondisi optimum biosorpsi Cr(III) pada biosorben teraktivasi asam yang meliputi pH optimum dan waktu kontak optimum, penentuan isoterm dan kapasitas biosorpsi Cr(III) pada biosorben teraktivasi asam nitrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivasi biosorben optimum terjadi pada rasio mmol asam nitrat : gram biosorben = 5 : 1. Keasaman permukaan biosorben teraktivasi asam nitrat adalah $9,94 \pm 0,33$ mmol/g dan biosorben tanpa aktivasi adalah $5,3 \pm 0,01$ mmol/g. pH optimum biosorpsi Cr(III) pada masing-masing biosorben adalah 3 dan waktu kontak optimum biosorpsi Cr(III) pada biosorben teraktivasi asam nitrat adalah 60 menit dan biosorben tanpa aktivasi adalah 120 menit. Kapasitas biosorpsi Cr(III) pada biosorben teraktivasi asam nitrat dan tanpa aktivasi adalah 13,74 mg/g dan 11,91 mg/g.

Kata kunci : biosorpsi, serat sabut kelapa, aktivasi, Cr (III), kapasitas biosorpsi

ABSTRACT

Sudiarta et al., 2012. Chromium (III) biosorption on nitric acid-biosorbent activated green coco fibre

Studies on biosorption of Cr (III) on nitric acid-biosorbent activated of green coco fibre (*Cocos mucifera*) have been carried out. These studies included determination of the optimum ratio of nitric acid: biosorben in activation, the determination of surface acidity of nitric acid-biosorbent activated, determination of the optimum conditions of biosorption Cr(III) on activated biosorbent that includes the optimum pH and the optimum contact time, determination of the isotherm and capacity biosorpsi of Cr (III) on nitric acid-biosorbent activated. The results show that the activation occurs at the optimum ratio of mmol nitric acid: gram biosorbent was 5: 1. The surface acidity of nitric acid-biosorbent activated was 9.94 ± 0.33 mmol / g and unactivated biosorbent was 5.3 ± 0.01 mmol / g. The optimum pH biosorption of Cr(III) on each biosorbent is 3 and the optimum contact time biosorption of Cr(III) on nitric acid-biosorbent activated was 60 minutes and unactivated biosorbent was 120 minutes. The capacity biosorption of Cr(III) on nitric acid-biosorbent activated and unactivated biosorbent were 13.74 mg/g and 11.91 mg/g.

Keywords : biosorption, coconut fibre, activation, Cr(III), capacity biosorption

PENDAHULUAN

Keberadaan logam berat di lingkungan yang melebihi ambang batas akan merusak lingkungan dan menimbulkan masalah kesehatan bagi makhluk hidup dan lingkungan tersebut. Salah satu logam berat yang mencemari lingkungan yang berasal dari limbah hasil kegiatan industri adalah kromium. Kromium merupakan logam yang penggunaannya sangat luas dan berbahaya bagi lingkungan (Hubeey dkk., 1993)

Logam kromium banyak digunakan dalam industri penyepuhan, penyamakan kulit, pendingin air, pulp, pemurnian bijih dan petroleum. Limbah cair dari industri-industri tersebut mengandung Cr(III) dalam rentang konsentrasi 10-100 mg/L sedangkan konsentrasi Cr(III) yang diperbolehkan menurut

standar Departemen Kesehatan hanya 2mg/L untuk air limbah dan 0,005 mg/L untuk air minum. Cr(III) umumnya hanya bersifat toksik terhadap tumbuh-tumbuhan dalam konsentrasi tinggi, kurang toksik bahkan non toksik terhadap binatang, akan tetapi apabila terpapar dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan kanker (Anderson, 1997 ; Aravindan dkk., 2004)

Salah satu cara untuk mengurangi adanya logam kromium dalam limbah industri adalah dengan adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu gejala permukaan dimana terjadi penyerapan atau penarikan molekul-molekul gas atau cairan pada permukaan adsorben. Biosorben yang dapat digunakan dalam penanganan

Korespondensi dialamatkan kepada yang bersangkutan :

¹Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Udayana

Phone : -, E-mail : sudiarta@kimia.unud.ac.id

limbah kromium adalah serbuk gergaji, hasil samping pertanian, dan rumput laut. Salah satu hasil samping pertanian yang cukup potensial sebagai biosorben logam berat adalah serat sabut kelapa.

Serat sabut kelapa hijau dapat digunakan sebagai biosorben karena serat sabut kelapa hijau mengandung selulosa yang dalam struktur molekulnya terdapat gugus karboksil, dan lignin yang mengandung asam fenolat yang ikut ambil bagian dalam pengikatan logam. Menurut Pino dkk., (2005) selulosa dan lignin adalah biopolimer yang berhubungan dengan proses pemisahan logam-logam berat. Keunggulan biosorben antara lain adalah relatif mudah didapatkan, ramah lingkungan, dan dapat diperbaharui (Seki & Akira, 1998; Yun dkk., 2001; Yu dkk., 2003).

Adsorpsi logam kromium pada biosorben telah banyak dilaporkan dalam penelitian sebelumnya. Sudiarta dan Diantariani (2008) telah melaporkan pemanfaatan biomassa rumput laut *Eucheuma spinosum* sebagai biosorben Cr(III) dimana diperoleh kondisi optimum biosorpsi terjadi pada pH 3 dengan waktu kontak 20 menit. Diantariani dkk. (2008) juga melaporkan pemanfaatan biomassa rumput laut *Eucheuma spinosum* sebagai biosorben Cr(VI), dimana diperoleh biosorpsi optimum terjadi pada pH 5 dengan waktu kontak 12 jam. Sudiarta dan Yulihastuti (2009) telah melaporkan hasil penelitian tentang biosorpsi ion Cr(III) pada rumput laut *Eucheuma spinosum* teraktivasi asam sulfat, dimana diperoleh aktivasi optimum terjadi pada rasio mmol asam : gram biosorben rumput laut = 3:1, aktivasi dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi biosorben dari 57,32 menjadi 72,33 mg/g. Sudiarta dan Yulihastuti (2010) telah melakukan penelitian tentang biosorpsi Cr(VI) pada serat sabut kelapa dimana diperoleh kondisi optimum terjadi pada pH 2 dan waktu interaksi 120 menit. Sudiarta dan Sahara (2011) telah melaporkan hasil penelitiannya mengenai biosorpsi Cr(III) pada biosorben serat sabut kelapa teraktivasi sodium hidroksida, dimana diperoleh aktivasi optimum terjadi pada rasio mmol basa:gram biosorben = 3:2, biosorpsi optimum terjadi pada pH 3 dan waktu interaksi 30 menit.

Untuk meningkatkan kapasitas biosorpsi biosorben dapat dilakukan dengan beberapa perlakuan seperti aktivasi asam, basa dan amobilisasi ligan. Pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh asam terhadap kapasitas biosorpsi serat sabut kelapa hijau. Asam yang digunakan adalah asam nitrat. Aktivasi bertujuan untuk menghasilkan sifat-sifat kimia dan fisika yang lebih baik seperti keasaman permukaan. Perlakuan dengan asam menyebabkan terjadinya pertukaran kation dalam serat sabut kelapa dengan kation H⁺ dari asam dan melarutkan pengotor yang terdapat pada

biosorben sehingga kapasitas biosorpsinya meningkat (Seki & Akira, 1998).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah serat sabut kelapa hijau kering, bahan-bahan kimia yang bersifat pro analisis seperti: CrCl₃.6H₂O, HCl 37%, NaOH, HNO₃ 65%, PP, asam oksalat dan aquadest.

Alat yang diperlukan : seperangkat alat gelas, bola hisap, corong, kertas saring, termometer, pH meter, oven, neraca analitik, *shaker*, magnetik *stirer* dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Penyiapan Biosorben

Sabut kelapa hijau dikoleksi dari Kabupaten Karangasem Bali. Serat sabut kelapa dipisahkan lalu dicuci dengan air bersih dan dibilas dengan aquades, kemudian dikeringkan. Setelah kering, serat sabut kelapa hijau dipotong kecil-kecil (1-2 mm) lalu di ayak menggunakan ayakan. Serat yang diperoleh dicuci kembali dengan aquades sampai bersih kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C sampai diperoleh berat konstan dan disimpan dalam desikator. Serat yang diperoleh digunakan sebagai biosorben yang disebut dengan B00.

Aktivasi biosorben

sebanyak 2,00 g biosorben B00 dimasukkan ke dalam 25,0 mL larutan asam nitrat pada berbagai variasi konsentrasi. Selanjutnya campuran kemudian diaduk selama 2 jam, kemudian campuran disaring dan residunya dibilas dengan aquades, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C sampai kering. Masing-masing residu kemudian diinteraksikan dengan 25,0 mL larutan Cr(III) 200 ppm, kemudian campuran diaduk selama 2 jam. Selanjutnya campuran disaring, kemudian Cr(III) dalam filtrat dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom dengan metode kurva kalibrasi. Jumlah Cr(III) yang terserap dihitung dengan persamaan :

$$W_{ads} = \frac{C_1 - C_2}{1000} \times V \times \frac{1}{B}$$

..... (1)

W_{ads} = berat Cr(III) terserap oleh 1 gram sampel (mg/g)

B = berat sampel yang digunakan (g)

C₁ = konsentrasi larutan Cr (III) awal (ppm)

C₂ = konsentarsi larutan Cr(III) akhir (ppm)

V = volume larutan Cr(III) yang digunakan (mL)

Biosorben yang mengadsorpsi ion logam paling banyak merupakan biosorben yang teraktivasi paling

baik. Biosorben teraktivasi asam nitrat terbaik disebut BAN.

Penentuan keasaman permukaan biosorben

Sebanyak 0,50 g B00 dan 0,50 g BAN masing-masing dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan masing-masing ditambahkan 25,0 mL larutan NaOH 1 M yang telah dibakukan, campuran kemudian diaduk dengan pengaduk magnet selama 2 jam pada temperatur kamar. Setelah 2 jam larutan disaring menggunakan kertas saring dan residunya dibilas dengan menggunakan akuades. Filtrat bilasan ditambah indikator pp lalu dititrasi dengan larutan standar HCl 1 M yang telah diketahui konsentrasinya. Titrasi juga dilakukan terhadap larutan blanko yang hanya mengandung larutan NaOH 1 M yang telah dibakukan. Keasaman permukaan dapat ditentukan dengan rumus :

$$\text{Keasaman Permukaan (mmol / g)} = \frac{[(V_1 - V_2) \times M_{HCl}]}{B} \quad ..(2)$$

Keterangan :

V_1 = volume HCl penitrasi blanko (mL)

V_2 = volume HCl penitrasi biosorben (mL)

B = berat biosorben (g)

Penentuan pH optimum biosorpsi

Penentuan pH optimum biosorpsi dilakukan dengan cara 0,50 g biosorben diinteraksikan dengan 25,0 mL larutan Cr(III) 200 ppm dengan pH larutan Cr (III) masing-masing 1, 2, 3, 4, dan 5, kemudian diaduk dengan pengaduk magnet selama 5 jam. Selanjutnya campuran disaring dan filtratnya diambil untuk dianalisis Cr(III) yang tersisa dengan menggunakan SSA pada panjang gelombang 357,9 nm. Nilai Absorbansi yang diperoleh dimasukkan dalam persamaan regresi linier Cr(III). Jumlah Cr yang terserap dihitung menggunakan persamaan 1.

pH optimum diperoleh dengan membuat kurva antara pH dan jumlah Cr(III) yang terserap oleh 1 gram sampel (mg/g).

Penentuan waktu kontak optimum

Penentuan waktu optimum dilakukan dengan cara 0,50 gram biosorben diinteraksikan dengan 25,0 mL larutan Cr(III) dengan pH optimum yang diperoleh. Campuran diaduk dengan pengaduk magnet selama masing-masing 5, 10, 30, 60, 90, 120, dan 180 menit. Selanjutnya campuran disaring dan filtratnya diambil untuk dianalisis.

Nilai absorbansi yang diperoleh dimasukkan dalam persamaan regresi linier Cr(III) untuk mendapatkan konsentrasi Cr(III) pada masing-masing filtrat. Banyaknya Cr(III) yang terserap oleh setiap

gram sampel dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

Waktu kontak optimum diperoleh dengan membuat kurva antara waktu kontak dan jumlah Cr(III) yang terserap per gram sampel (mg/g).

Penentuan isoterm dan kapasitas biosorpsi

Masing-masing sebanyak 0,50 g biosorben diinteraksikan dengan 25,0 mL larutan Cr(III) dengan konsentrasi berturut-turut 100, 200, 300, 400, 500, 750, 1000, dan 1200 ppm. Kemudian diinteraksikan selama waktu kontak dan pH optimumnya pada temperatur kamar. Selanjutnya campuran disaring dan filtratnya diukur dengan SSA pada panjang gelombang 357,9 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh dimasukkan dalam persamaan regresi linier Cr(III) untuk mendapatkan konsentrasi Cr(III) pada masing-masing filtrat. Banyaknya Cr(III) yang terserap oleh setiap gram sampel dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

Pola isoterm diperoleh dengan membuat kurva konsentrasi Cr(III) dalam kesetimbangan versus jumlah Cr(III) yang terserap per gram biosorben. Data pola isoterm biosorpsi diterapkan ke persamaan linier isoterm biosorpsi Langmuir's. Dengan membuat kurva C terhadap C/m, sehingga dapat ditentukan kapasitas biosorpsinya dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{C}{m} = \frac{C}{b} + \frac{1}{Kb}$$

Kapasitas biosorpsi (b) yang menyatakan jumlah maksimum biosorbat yang dapat diserap.

HASIL DAN PEMBAHASAN

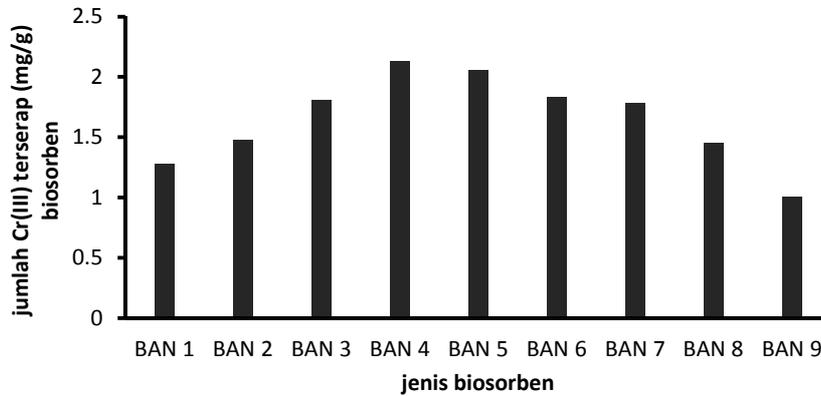
Aktivasi Biosorben

Gambar 1 memperlihatkan bahwa jumlah Cr(III) yang terserap meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi asam nitrat yang ditambahkan hingga konsentrasi optimum 0,4 M. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambah konsentrasi asam nitrat yang diinteraksikan semakin baik proses pembentukan situs aktif. Pada penambahan konsentrasi asam nitrat yang lebih besar dari 0,4 M mulai terjadi penurunan jumlah Cr(III) yang terserap. Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi asam nitrat di atas 0,4 M mulai tidak efektif membentuk situs aktif karena menyebabkan kerusakan struktur serat sabut kelapa Hijau. Biosorben terbaik adalah BAN4 yaitu biosorben yang diaktivasi dengan HNO₃ 0,4M (25 mL HNO₃ : 2 gram biosorben) rasio mmol HNO₃ dan gram biosorben adalah 5 : 1.

Jumlah Cr(III) yang terserap pada BAN4 DAN B00 berturut-turut adalah 2,1310 dan 1,5545 mg/g.

Biosorben teraktivasi asam nitarat dapat menyerap Cr(III) lebih banyak daripada biosorben non aktivasi. Ini disebabkan oleh kemampuan asam untuk

melarutkan komponen pengotor pada serat sabut kelapa hijau sehingga dapat membuka pori-pori.



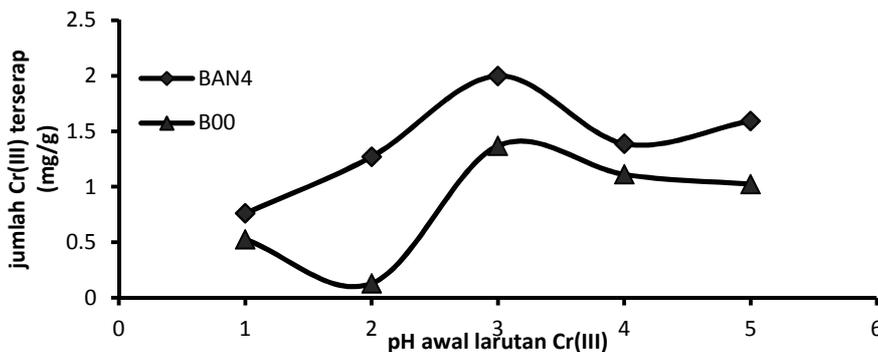
Gambar 1. Grafik jumlah Cr(III) terserap pada berbagai biosorben teraktivasi asam nitrat (2 gram biosorben : 25 mL asam, waktu kontak 2 jam)

Keasaman Permukaan Biosorben

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai keasaman permukaan total masing-masing biosorben 5,30 dan 9,94 mmol/gram untuk biosorben non aktivasi dan biosorben teraktivasi asam nitrat (BAN4). Aktivasi biosorben dengan asam nitrat dapat meningkatkan keasaman permukaan. Hal ini kemungkinan disebabkan kehadiran asam nitrat dapat melarutkan pengotor, kation yang terikat pada biosorben sehingga pori dan situs asam lewis menjadi lebih terbuka.

Efek pH awal larutan Cr(III) terhadap biosorpsi

Variasi pH dipelajari untuk mengetahui pH interaksi dimana biosorben menyerap biosorbat secara maksimum. Pengaruh pH terhadap kemampuan biosorpsi Cr(III) dipelajari dengan cara menginteraksikan biosorben dengan larutan Cr (III) 200 ppm pada berbagai variasi pH yaitu pH 1, 2, 3, 4, dan 5.



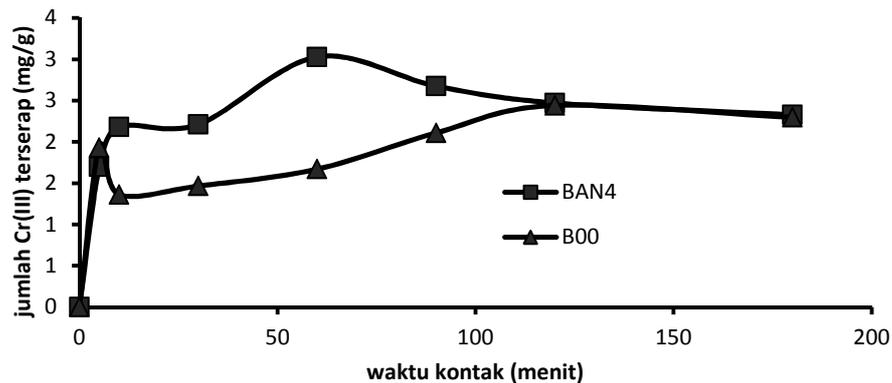
Gambar 2. Kurva pengaruh pH terhadap biosorpsi Cr(III) oleh biosorben dengan konsentrasi awal larutan Cr(III) 200 ppm, dan waktu interaksi 5 jam

Pada Gambar 2 terlihat bahwa pada pH < 3 jumlah Cr(III) yang terserap lebih sedikit karena adanya jumlah H⁺ yang besar sehingga kation logam berkompetisi dengan H⁺ untuk berikatan dengan situs-situs aktif biosorben. Jumlah Cr(III) yang terserap paling tinggi terjadi pada pH 3. Pada pH 3 spesies Cr(III) dominan dalam bentuk Cr³⁺ dibandingkan spesies Cr(OH)²⁺. Pada pH 4-5 jumlah Cr(III) yang terserap lebih kecil dibandingkan dengan pH 3, karena jumlah Cr³⁺ lebih kecil. Pada pH 5 spesies Cr(III)

dominan dalam bentuk Cr(OH)²⁺ dibandingkan Cr³⁺. Dengan demikian pH optimum adsorpsi Cr(III) terjadi pada pH 3. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan Yun (2001), dimana spesiasi Cr(III) dalam larutan dipengaruhi oleh pH.

Waktu Kontak Biosorpsi

Pengaruh waktu terhadap jumlah Cr(III) yang terserap oleh biosorben ditunjukkan pada Gambar 3.



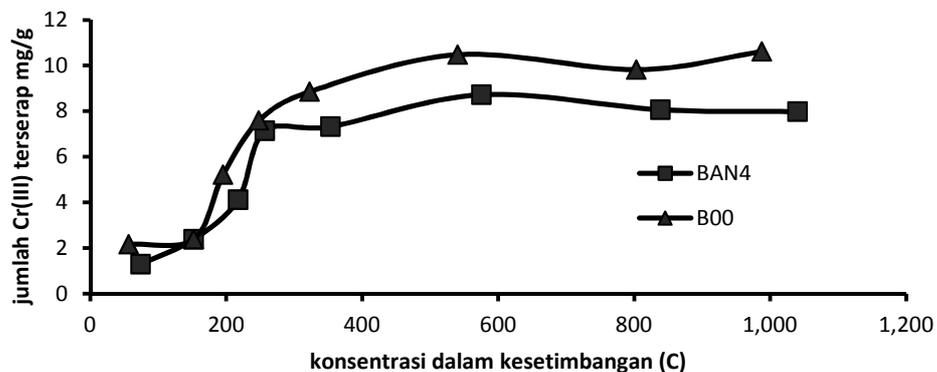
Gambar 3. Kurva pengaruh waktu kontak biosorpsi biosorben terhadap jumlah Cr(III) yang terserap pada masing-masing waktu kontak dengan larutan Cr(III) 200 ppm pada pH 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa waktu kontak optimum biosorpsi Cr(III) pada biosorben adalah 60 menit. Pada awal interaksi Cr(III) yang terserap meningkat seiring penambahan waktu kontak sampai menit ke 60 dan mulai turun setelah itu. Menurunnya jumlah Cr(III) yang terserap setelah menit ke 60 menunjukkan bahwa Cr(III) yang teradsorpsi cenderung lepas karena ikatannya sangat lemah. Waktu kontak optimum biosorben teraktivasi asam

nitrat dan biosorben tanpa aktivasi secara berturut-turut adalah 60 menit dan 120 menit.

Isoterm dan Kapasitas Biosorpsi

Pola isoterm biosorpsi Cr(III) dapat diketahui dengan jalan membuat kurva antara konsentrasi Cr(III) dalam kesetimbangan dengan banyaknya Cr(III) yang terserap. Pola isoterm biosorpsi Cr(III) pada masing-masing biosorben dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Pola isoterm biosorpsi BAN4 dan B00 pada pH 3 dan waktu interaksi 60 menit (BAN4) dan 120 menit (B00).

Data yang diperoleh dari pola isoterm biosorpsi kemudian dimasukkan ke dalam persamaan isoterm biosorpsi Langmuir dan persamaan isotherm Freundlich. Karena nilai r dari pola isotherm Langmuir lebih besar dibandingkan nilai r dari pola isotherm Freundlich, yaitu 0,737 dan 0,532 untuk BAN4, dan 0,777 dan 0,582 untuk B00, maka pola isotherm yg diterapkan untuk menghitung kapasitas

biosorpsi adalah pola isotherm Langmuir dengan rumus $C/m = C/b + 1/k$, dimana C adalah konsentrasi Cr(III) dalam kesetimbangan (mol/L) dan m adalah jumlah Cr(III) yang terserap per gram biosorben (mol/g). Pada penelitian ini diperoleh persamaan regresi linier untuk isotherm biosorpsi Langmuir pada biosorben teraktivasi asam nitrat (BAN4 dan biosorben tanpa aktivasi (B00) adalah $y = 3,285 +$

26,78 dan $y = 4,155x + 34,79$. Dari persamaan isotherm Langmuir diperoleh kapasitas biosorpsi (b) dari masing-masing biosorben adalah 13,74 dan 11,91 mg/g untuk BAN4 dan B00.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan rasio optimum mmol asam/gram serat sabut kelapa hijau pada proses aktivasi biosorben dengan asam nitrat 5:1. Keasaman permukaan biosorben serat sabut kelapa teraktivasi asam nitrat adalah $9,94 \pm 0,33$ mmol/g. Kapasitas biosorpsi serat sabut kelapa hijau yang teraktivasi asam nitrat terhadap Cr(III) adalah 13,74 mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menghanturkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung pelaksanaan penelitian ini. Terutama kepada DP2M DIKTI atas dukungan dananya lewat penelitian Hibah Bersaing.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, R. A., 1997, *Chromium as an Essential Nutrient for Human, Reg. Toxicol. Pharmacol.*, 26 : 534-541.
Aravindan, R., Madhan, B., Bao, J.R., Nair, B.U. & Ramasami T., An 2004, *Bioaccumulation of Chromium from Tannery Wastewater : Approach for Chrome Recovery and Reuse*, Environ. Sci. Technol., 38 : 300-306.
Diantariani, N.P. & Sudiarta, I.W., 2008, Proses biosorpsi dan desorpsi ion Cr(VI) pada rumput laut *Eucheuma spinosum*, *Jurnal kimia*. 2 : 45-52

Hubeey, J. E., Keiter, E. A. & Keiter, R. L., 1993, *Inorganic Chemistry : Principles of Structure and Reactivity*, Fourth Edition, Harper Collins College Publisher.
Pino, G.H., Mesquita, L.M.S., Torem, M.L. & Pinto, G.A.S., 2006, Biosorption of Cadmium by Green Coconut Shell Powder, *Mineral Engineering*, 19, 380-387 Available online 23 Januari 2006.
Seki, H. & Akira Suzuki, 1998, Biosorption of Heavy Metal Ions to Brown Algae, *Macrocystis pyrifera*, *Kjellmaniella crassifora*, and *Undaria pinnatifida*, *Journal of Colloid and Interface Science*, 206 : 297-301.
Sudiarta, I.W. & Diantariani, N.P., 2008, Biosorption of Cr(III) ion on algae *Eucheuma spinosum* (Biosorpsi ion Cr(III) pada biosorben rumput laut *Eucheuma spinosum*), *Indonesian Journal of Chemistry*. 8 : 78-82
Sudiarta, I.W. & Yulihastuti, D.A., 2009, Biosorpsi ion Cr(III) pada rumput laut *Eucheuma spinosum* teraktivasi asam sulfat, *Jurnal kimia*. 3: 93-100
Sudiarta, I.W. & Sahara, E., 2011, Biosorpsi Cr(III) pada biosorben serat sabut kelapa teraktivasi sodium hidroksida. *Jurnal kimia*. 5 : 133-142
Sudiarta, I.W. & Yulihastuti, D.A., 2010, Biosorpsi Cr(VI) pada serat kelapa hijau (*Cocos nucifera*), *Jurnal kimia*. 4 : 158-166
Yu, L.J., Sukhla, S.S., Dorris, K.L., Sukhla, A. & Margrave, J.L., 2003, Adsorption of Chromium from Aqueous Solution by Maple Sawdust, *J. Hazard Mater.* 100 : 53-63
Yun, Y-S., Park, D., Park, J.M. & Volesky, B., 2001, Biosorption of Trivalent Chromium on The Brown Seaweed Biomass, *Environ. Sci. Technol.* 35 : 4353-4358