



Selulosa Bakterial Nata De Coco Sebagai Adsorban Pada Proses Adsorpsi Logam Cr(III)

Afrizal

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Indonesia

Diterima 2 Nopember 2007, Disetujui 28 Desember 2007

Abstrak - Pemanfaatan selulosa nata de coco sebagai adsorban dilakukan melalui adsorpsi kromium(III) dalam medium air dalam rangka pencarian metode yang efektif untuk menghilangkan logam berat. Pada penelitian ini dipelajari tiga faktor yang mempengaruhi yaitu, konsentrasi awal larutan, waktu kontak dan pH larutan untuk memperoleh kondisi yang optimum dalam proses adsorpsi. Kondisi optimum adsorben selulosa nata de coco yang berbentuk serbuk dalam mengadsorpsi kromium(III) adalah pada konsentrasi awal larutan 150 ppm, waktu kontak 50 menit dan pH larutan adalah 5. Terjadinya adsorpsi kromium(III) pada selulosa nata de coco melibatkan gugus fungsi C-O pada gugus fungsi eter dan hidroksil. Keterlibatan gugus fungsi pada proses adsorpsi diidentifikasi dengan spektrum FT-IR, berkurangnya pita serapan yang cukup signifikan pada bilangan gelombang $1057,34 \text{ cm}^{-1}$ dan berkurangnya intensitas pita serapan pada daerah $3443,06 \text{ cm}^{-1}$. sedangkan untuk morfologi permukaan adsorben nata de coco dianalisis dengan SEM. Hasil foto SEM menunjukkan adanya permukaan yang tidak rata dan lebih terang pada adsorben setelah adsorpsi

Kata Kunci : selulosa bakterial, nata de coco, adsorpsi.

1. Pendahuluan

Nata de coco merupakan selulosa bakterial yang dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* pada proses fermentasi air kelapa. Nata adalah biomassa yang sebagian besar terdiri dari selulosa, berbentuk agar dan berwarna putih. Massa ini berasal pertumbuhan *Acetobacter xylinum* pada permukaan media cair yang asam dan mengandung gula. Nata de coco dibuat dari bahan baku air kelapa.

Berdasarkan penelitian sebelumnya diperoleh hasil bahwa nata de coco dapat menjadi salah satu alternatif sumber bahan baku selulosa. ^[1] telah dilakukan penelitian tentang selulosa bakterial nata de coco diperoleh hasil melalui spektrum FT-IR menunjukkan bahwa selulosa bakterial nata de coco adalah selulosa. Pemanfaatan nata de coco sebagai alternatif bahan baku selulosa memiliki beberapa keuntungan, yaitu : pemanfaatan limbah buangan air kelapa, pembuatannya mudah dan murah, dan bersifat biodegradable (dapat diuraikan oleh mikroba).

Selulosa mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi logam berat dengan biaya yang rendah ^[3]. Selain itu berdasarkan percobaan sebelumnya telah diketahui bahwa kayu dan komponennya, seperti selulosa, lignin, hemiselulosa, dan sebagainya, telah digunakan dalam industri perawatan air untuk menghilangkan logam berat seperti Cu(II), Pb(II), Cd(II), Cr(III) dan sebagainya. Disisi lain, penghilangan ion logam berat dari air buangan dan limbah cair industri telah memberikan banyak perhatian selama beberapa tahun terakhir ini. Hal tersebut disebabkan karena ion logam tersebut telah menyebabkan masalah kesehatan dalam kehidupan manusia dan hewan. Salah satu logam berat tersebut adalah ion kromium yang dapat menyebabkan kerusakan ginjal, hati, sistem imunitas, dan kulit (dermatitis).

Pencarian metode yang efektif dan ekonomis dari penghilangan racun logam berat memerlukan pertimbangan proses dan bahan-bahan yang tidak biasa. Dalam hal ini, banyak polisakarida alami dan turunannya mengandung berbagai macam gugus fungsi yang mungkin mempunyai beberapa potensial. Di antara metode yang ada, diketahui bahwa polimer yang

reaktif merupakan metode yang efektif untuk proses tersebut.

Mengacu pada latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini akan dipelajari pemanfaatan selulosa nata de coco sebagai adsorben pada adsorpsi kromium(III) dalam medium air, serta mempelajari adanya pengaruh waktu kontak, konsentrasi awal dan pH larutan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan kuantitatif nata de coco sebagai adsorben kromium(III) dan mengetahui optimasi konsentrasi awal larutan, waktu kontak dan pH larutan.

2. Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain; pengaduk, oven (Memmert), blender, pH indikator, dan alat-alat gelas yang biasa digunakan dalam laboratorium kimia (pyrex). Instrumentasi yang digunakan adalah Spektrofotometer FTIR, spektrofotometer UV-vis, dan SEM. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nata de coco, $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, larutan NaOH 0,1 M, larutan HNO_3 0,1 M, kertas Whatman No.42, dan akuademin.

a. Pembuatan adsorben nata de coco

Nata de coco yang dihasilkan dari proses fermentasi limbah air kelapa, sebanyak 40 kg, ditiriskan dan dipotong-potong kecil. Kemudian nata de coco dihancurkan sampai menjadi bubur dan dikeringkan pada suhu sekitar 95°C selama 8 jam dalam plat kaca.

b. Optimasi konsentrasi awal larutan pada adsorpsi kromium(III) oleh nata de coco

Ditimbang 0,25 gr serbuk selulosa nata de coco, dan dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL. Selanjutnya ditambahkan 25,0 mL larutan kromium(III) dengan konsentrasi yang bervariasi yaitu : 50,0; 100; 150,0; 200 dan 250 ppm, kemudian aduk dengan stirer selama 50 menit. Selanjutnya suspensi disaring dengan kertas Whatman No.42. Filtratnya diukur dengan Spektrofotometer UV-vis.

c. Optimasi waktu kontak pada adsorpsi Kromium(III) oleh nata de coco

Ditimbang 0,25 gr serbuk selulosa nata de coco, dan dimasukkan dalam labu erlenmeyer 250 mL. Selanjutnya ditambahkan 25,0 mL larutan kromium(III) 150 ppm, kemudian diaduk dengan stirer pada variasi waktu selama 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Selanjutnya suspensi disaring dengan kertas Whatman No.42. Filtratnya diukur dengan spektrofotometer UV-vis.

d. Optimasi pH larutan pada adsorpsi Kromium(III) oleh nata de coco

Disiapkan 4 buah erlenmeyer 250 ml dan dimasukkan 0,25 gr serbuk selulosa nata de coco untuk setiap erlenmeyer. Selanjutnya ke dalam masing-masing erlenmeyer ditambahkan 25,0 mL larutan kromium(III) dengan pH yang bervariasi yaitu : 3, 4, 5 dan 6 dengan konsentrasi awal larutan 150 ppm, kemudian diaduk dengan stirer selama 50 menit (waktu kontak optimum). Pengaturan pH dilakukan dengan penambahan larutan NaOH 0,1 M atau HNO_3 0,1 M. Selanjutnya saring suspensi dengan kertas Whatman No.42. Filtrat diukur dengan Spektrofotometer UV-vis.

e. Identifikasi gugus fungsi nata de coco dengan FT-IR

Untuk analisis permukaan serbuk selulosa nata de coco sebelum dan setelah proses adsorpsi digunakan SEM.

3. Hasil Dan Pembahasan

a. Pembuatan Serbuk Nata de Coco

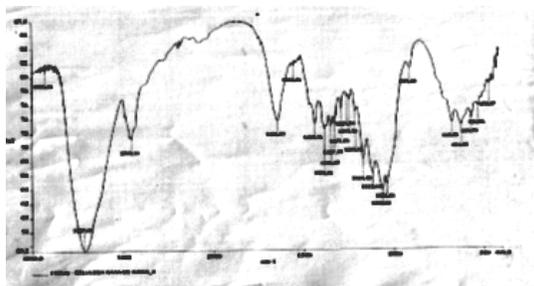
Nata de coco yang dihasilkan dari hasil fermentasi umumnya masih mengandung asam. Untuk menghilangkan asam (deasidifikasi) dan membunuh mikroba yang digunakan pada proses pembuatannya, dilakukan perebusan dalam air mendidih. Nata de coco dihaluskan dalam blender sampai menjadi bubur untuk memudahkan keluarnya air. Bubur nata de coco disaring untuk memisahkan dengan air, kemudian ditempatkan pada plat kaca dan diratakan dengan ketebalan ± 5 mm untuk mempercepat pengeringan dan menghindari pemanasan yang tidak merata.

Pemanasan dilakukan pada suhu 95°C. Pemanasan pada suhu tersebut adalah untuk menguapkan air yang berikatan kuat dengan selulosa nata de coco. Sedangkan pemanasan pada suhu berlebih akan merusak tekstur nata de coco, karena akan berwarna kecoklatan.

Pemanasan dilakukan selama 8 jam sampai bubur nata de coco kering dan mudah dipindahkan dari plat kaca. Dari 40 Kg nata de coco dalam bentuk basah didapatkan nata kering sebanyak 122,26 gr atau dengan rendaman sebesar 0,48%. Nata de coco kemudian dihaluskan kembali untuk memperluas permukaannya, dan hasilnya disebut serbuk selulosa nata de coco yang akan digunakan sebagai adsorben logam berat kromium(III).

b. Identifikasi Gugus Fungsi Nata de Coco

Berdasarkan data spektrum FT-IR nata de coco pada Gambar 1. Terlihat pita-pita serapan pada bilangan gelombang 3427,48 ; 2898,33; 1429,35-1281,84; dan 1060,18 cm⁻¹.



Gambar 1. Spektrum Inframerah Selulosa Nata de Coco Sebelum Adsorpsi

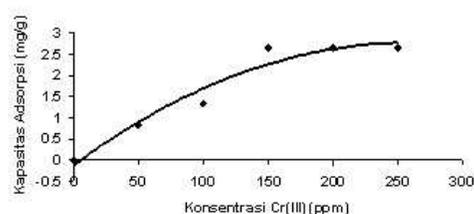
Hasil identifikasi gugus fungsi spektrum FT-IR menunjukkan adanya vibrasi regang OH pada bilangan gelombang 3422,48 cm⁻¹, dan diperkuat dengan adanya lentur dari ikatan tunggal C-O dari eter untuk pita serapan cukup kuat pada bilangan gelombang 1060,18 cm⁻¹. Bilangan gelombang 2898,33 cm⁻¹ menunjukkan adanya regang C-H alifatik, bilangan gelombang pada 1429,35-1281,84 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi lentur C-H untuk -CH₂-, dan bilangan gelombang 616,45 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan tunggal C-C. Sedangkan untuk pita serapan pada bilangan gelombang 1636,89

cm⁻¹ menunjukkan adanya regangan C=C, alkena tak terkonjugasi.

Berdasarkan hasil identifikasi spektrum inframerah terhadap nata de coco, dapat diperkirakan gugus fungsi yang terlibat dalam proses adsorpsi, yaitu gugus hidroksil dan C-O dari eter. Dengan demikian, proses adsorpsi diperkirakan terjadi melalui mekanisme pembentukan ikatan koordinasi antara ligan hidroksil dan C-O dari eter sebagai donor pasangan elektron dengan kromium(III) sebagai akseptornya.

c. Optimasi Konsentrasi Awal pada Adsorpsi Kromium(III) oleh Nata de Coco

Data pengamatan optimasi konsentrasi awal larutan kromium(III) terhadap kemampuan selulosa nata de coco dalam mengadsorpsi kromium(III) disajikan dalam bentuk kurva pada Gambar 2

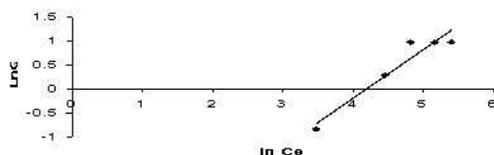


Gambar 2. Kurva Optimasi Konsentrasi Awal Larutan pada Adsorpsi Kromium(III) oleh Nata de Coco.

Pada kurva diatas terlihat bahwa untuk konsentrasi 0-100 ppm terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi dari 0-13,3 mg/g. Setelah konsentrasi 150 ppm kapasitas adsorpsi cenderung konstan terlihat dengan tidak bertambahnya jumlah logam kromium(III) yang teradsorpsi, yaitu sebesar 2,67 mg/g adsorben. Dengan tidak bertambahnya jumlah kromium(III) yang teradsorpsi, maka proses adsorpsi telah mencapai titik kesetimbangan.

Proses adsorpsi yang terjadi dipelajari dengan menggunakan pendekatan isoterm adsorpsi Freundlich. Pejelasan tentang isoterm adsorpsi Freundlich mengacu pada persamaan (4). Dengan mengalurkan $\ln Q$ terhadap $\ln C_e$, maka akan didapatkan nilai K sebagai intersep dan nilai n sebagai slope. Kurva persamaan isoterm adsorpsi Freundlich pada adsorpsi ion

kromium(III) pada adsorben selulosa nata de coco disajikan pada Gambar 3.

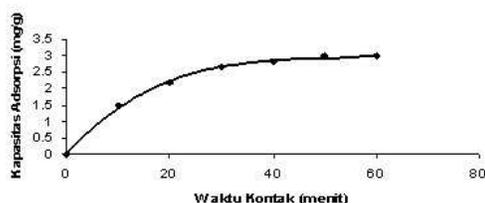


Gambar 3. Kurva Persamaan Isoterm Adsorpsi Freundlich.

Melalui pendekatan persamaan Freundlich diatas diperoleh harga r sebesar 0,9604 dengan persamaan $y = 1,0101x - 4,2276$. Dari persamaan tersebut didapatkan nilai parameter kapasitas adsorpsi (K) sebesar $1,46 \times 10^{-2}$ L/g yang menunjukkan kapasitas dari adsorpsi nata de coco terhadap kromium(III), dan nilai n sebesar 0,99 yang menggambarkan besarnya afinitas ikatan. n disebut juga faktor heterogenitas yang mempunyai nilai antara 0 sampai 1. Permukaan adsorben semakin heterogen jika nilai n mendekati 0 [6]. 1995:138). Untuk nilai n yang mendekati 1, maka permukaan adsorben semakin homogen.

d. Optimasi Waktu Kontak pada Adsorpsi Kromium(III) oleh Nata de Coco

Data hasil percobaan optimasi waktu terhadap kemampuan nata de coco dalam mengadsorpsi kromium(III), disajikan dalam bentuk kurva pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Optimasi Waktu Kontak Larutan pada Adsorbansi Kromium(III) oleh Serbuk Selulosa Nata de Coco

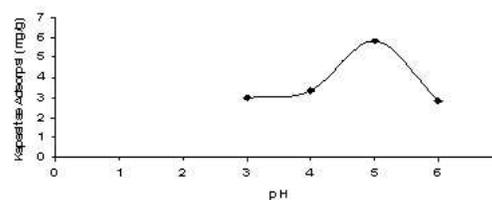
Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa pada awal waktu kontak yaitu 0-40 menit terjadi peningkatan adsorpsi yang cukup besar, dari 0-28,33 ppm dengan kapasitas adsorpsi 0-2,83 mg/g. Pada awal waktu kontak, adsorpsi berlangsung cepat karena situs aktif nata de coco masih cukup banyak sehingga frekuensi terjadinya ikatan dengan kromium(III) cukup tinggi.

Setelah waktu kontak 50 menit konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi praktis tidak mengalami perubahan. Hal ini terlihat dari kurva yang membentuk garis datar dari waktu kontak 50-60 menit, dengan logam yang

teradsorpsi sebanyak 30 ppm dan kapasitas adsorpsi 3,00 mg/g. Konsentrasi kromium(III) yang cenderung konstan yaitu 30 ppm, menjelaskan telah terjadinya kesetimbangan antara jumlah kromium(III) yang diadsorpsi dengan jumlah kromium(III) yang dilepaskan dalam larutan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa jumlah kromium(III) yang teradsorpsi mencapai kesetimbangan setelah 50 menit.

e. Optimasi pH pada Adsorpsi Kromium(III) oleh Nata de Coco

Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya pH larutan dari 3-5 jumlah kromium(III) teradsorpsi meningkat dari 30,00- 58,33 ppm dengan kapasitas adsorpsi 3,00-5,83 ppm.



Gambar 5. Kurva Optimasi pH Larutan pada Adsorpsi Kromium(III) oleh Nata de Coco

Hasil penelitian diatas sesuai dengan pernyataan Sperling pada tahun 1992 (dalam Shofiyani 2001: 25) yaitu, larutan dengan pH 3-5 spesies kromium(III) yang dominan salah satu diantaranya adalah kation Cr^{3+} . Semakin banyak jumlah kation Cr^{3+} dalam larutan, maka akan meningkatkan jumlah kromium(III) yang teradsorpsi pada situs aktif adsorben yang kaya akan elektron. Pada pH rendah (dibawah 3) atau konsentrasi H^+ dalam larutan yang semakin meningkat, maka Cr^{3+} akan berkompetisi dengan H^+ dalam larutan. Semakin asam larutan, maka kompetisi yang terjadi akan semakin besar pula, dan hal ini akan menurunkan jumlah kromium(III) yang teradsorpsi.

Berdasarkan gambar 5 diatas terlihat adanya penurunan jumlah kromium(III) yang teradsorpsi pada pH 6 yaitu menjadi 18,89 ppm dan kapasitas adsorpsi 1,89 mg/g. Berkurangnya jumlah kromium(III) yang diadsorpsi oleh nata de coco diakibatkan oleh berkurangnya jumlah kromium(III) yang berada sebagai kation positif. Pada pH larutan tinggi, jumlah kromium(III) yang dapat diadsorpsi oleh nata de coco menjadi

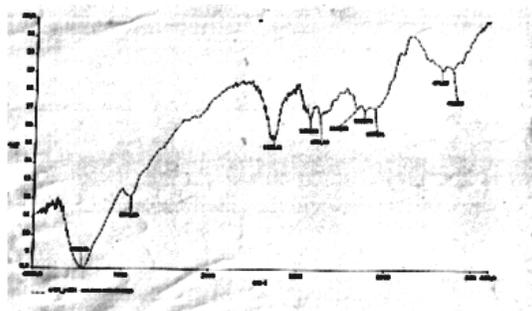
berkurang. Seperti yang telah dijelaskan pada hasil penelitian yang menjelaskan pengaruh pH tinggi yang menurunkan jumlah kromium(III) yang dapat diadsorpsi oleh kitosan^[11], yang dibuktikan dengan hampir tidak terlihatnya adsorpsi kromium(III) pada kondisi pH diatas 8. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh terlampauinya harga K_{sp} $Cr(OH)_3$ dalam larutan yang menyebabkan terbentuknya endapan.

Dengan demikian pada penelitian ini didapatkan kondisi adsorpsi yang optimum pada pH larutan adalah 5 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 58,89 mg/g adsorben.

f. Identifikasi Gugus Fungsi Nata de Coco Setelah Adsorpsi

Setelah proses adsorpsi diidentifikasi kembali gugus fungsi yang terdapat pada adsorben selulosa nata de coco. Spektrum hasil pemeriksaan FT-IR pada adsorben setelah adsorpsi, disajikan pada gambar 6.

Berdasarkan data spektrum FT-IR selulosa setelah adsorpsi pada Gambar 12, terlihat adanya pita serapan lemah pada bilangan gelombang $1057,34\text{ cm}^{-1}$ untuk regang C-O dari eter dan untuk gugus -OH dibuktikan dengan adanya pita serapan sedang pada bilangan gelombang $3443,06\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya regang -OH. Spektrum pada Gambar 12 juga memperlihatkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang $2896,35\text{ cm}^{-1}$ dan $1429,10-1371,12\text{ cm}^{-1}$ untuk ikatan C-H, pita serapan lemah pada bilangan gelombang $666,20\text{ cm}^{-1}$ untuk ikatan C-C, dan pita serapan pada bilangan gelombang $1632,46\text{ cm}^{-1}$ untuk ikatan C=C alkena tak terkonjugasi.



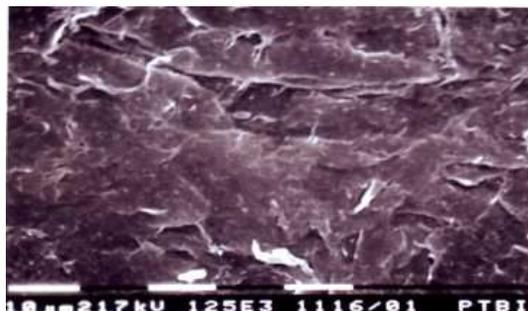
Gambar 6. Spektrum FT-IR Nata de Coco Setelah Adsorpsi

Secara umum spektrum yang dihasilkan dari analisis FT-IR untuk adsorben sebelum dan sesudah proses adsorpsi menunjukkan pengurangan intensitas pita serapan yang cukup signifikan pada daerah bilangan gelombang $1057,34\text{ cm}^{-1}$ untuk regangan C-O dari eter. Dan pada bilangan gelombang $3443,06\text{ cm}^{-1}$ terdapat pita serapan yang sedang untuk vibrasi regang OH. Meskipun pada spektrum FT-IR nata de coco setelah adsorpsi masih terlihat adanya serapan untuk gugus hidroksil, namun intensitasnya relatif lebih kecil dibandingkan sebelum adsorpsi.

Berdasarkan hasil analisa antara spektrum FT-IR pada adsorben selulosa nata de coco sebelum dan setelah adsorpsi, dapat disimpulkan bahwa adsorpsi kromium(III) oleh nata de coco melibatkan gugus fungsi yaitu gugus hidroksil dan gugus C-O eter.

g. Analisis Permukaan Nata de Coco dengan SEM

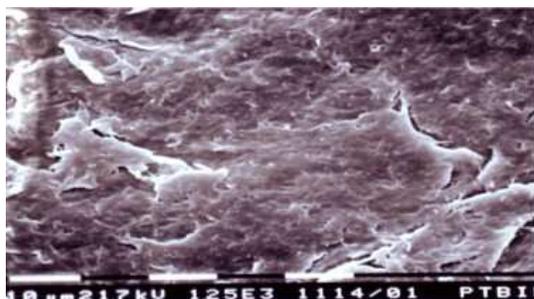
Berdasarkan hasil analisis morfologi permukaan selulosa nata de coco sebelum dan sesudah mengadsorpsi logam kromium(III), didapatkan gambar yang dicetak diatas film polaroid. Pada gambar yang sudah diperbesar 1250 kali dapat dilihat morfologi permukaannya secara umum, yang disajikan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Foto SEM Selulosa Nata de Coco Sebelum Adsorpsi Perbesaran 1250 kali.

Permukaan nata de coco sebelum adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8 untuk serbuk selulosa setelah mengadsorpsi logam kromium(III). Dari kedua gambar tersebut dapat dibandingkan bahwa nata de coco sebelum adsorpsi memiliki permukaan yang lebih rata dibandingkan dengan nata de coco setelah adsorpsi. Permukaan yang tidak rata pada nata de coco

setelah adsorpsi diakibatkan karena tertutupnya permukaan adsorben oleh kromium(III).



Gambar 8. Foto SEM Selulosa Nata de Coco Setelah Adsorpsi Perbesaran 1250 kali.

4. Kesimpulan dan Saran

Proses adsorpsi kromium(III) oleh nata de coco melibatkan gugus fungsi -OH dan C-O eter, yang ditunjukkan oleh adanya pengurangan intensitas yang tajam pada bilangan gelombang $3443,06 \text{ cm}^{-1}$ dan $1060,83 \text{ cm}^{-1}$ dari hasil analisis spektrum FT-IR pada adsorben sebelum dan setelah adsorpsi.

Konsentrasi awal larutan kromium(III) yang memberikan nilai kapasitas adsorpsi (Q) optimum adalah pada 150 ppm, dengan $Q = 2,67 \text{ mg/g}$ adsorben.

Waktu kontak optimum yang diperlukan untuk proses adsorpsi kromium(III) oleh selulosa nata de coco adalah 50 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar $3,0 \text{ mg/g}$ adsorben. pH larutan optimum yang diperlukan untuk proses adsorpsi kromium(III) oleh selulosa nata de coco adalah pada pH 5, dengan kapasitas adsorpsi sebesar $5,83 \text{ mg/g}$ adsorben.

Daftar Pustaka

- [1] Afriзал dkk, 2003. *Pembuatan dan Karakterisasi Selulosa Nata De Coco*. Lap. Penelitian DKI'S Lembaga Penelitian Universitas Negeri Jakarta.
- [2] Bahl, B.S.1997. *Essential of physical chemistry*. S. Chand & Company, New Delhi: 552 hlm.
- [3] Bilal, A. 2001. *Equilibrium studies on adsorption of Cu(II) from aqueous solution onto cellulose*. Journal of colloid and interface science. 243. 81-84.
- [4] Iguchi, M.1996. *Industrial use of bacterial cellulose-a review*. Proceedings of the International workshop on green polymers. 47-53.
- [5] Mulya, M. 1996. *Analisis instrumen*. UI Press, Jakarta: 426 hlm.

- [6] McKay, G. 1995. *Use of adsorbent for the removal of pollutant from wastewater*. CRC Press, New York: 783 hlm.
- [7] Piluharto, B. 2003. *Kajian sifat fisik film tipis nata de coco sebagai membran ultrafiltrasi*. 6 hlm. <http://unej.ac.id/fakultas/mpia/vol4.no1/piluharta.pdf>. 19 Januari 2007, pk.20.30 WIB.
- [8] Pisesidharta, E. 2003. *Preparasi membran nata de coco-etilendiamin dan studi karakteristik pengikatannya terhadap ion Cu^{2+}* . 19 hlm. <http://unej.ac.id/fakultas/mpia/skripsi/kimia/ewa98.pdf>. 19 Januari 2007, pkl. 20.45 WIB.
- [9] Rahayu, S. E. 1996. Bacterial cellulose: prospects of its industries in developing countries. Proceedings of the international workshop on green polymers. 72-75.
- [10] Raya, I. 1998. Studi kinetika adsorpsi ion logam aluminium(III) dan kromium(III) pada adsorben chaetoceros calcitrans yang terimmobilisasi pada slika gel. *Tesis*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta: 74 hlm.
- [11] Shofiyani, A. 2001. Studi adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) pada kitosan dan kitosan sulfat dari cangkang udang windu (penaus monodan). *Tesis*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta: 68 hlm.
- [12] Sholahudin, A. 2001. *Potensi serbuk biomassa eceng gondok (eichornia crassipes) sebagai adsorben Cd(II) dan Cr(III)*. Proseding seminar nasional kimia. 271-279.
- [13] Yanuar, A. 2003. Preparasi dan karakterisasi selulosa mikrokrystal dari nata de coco untuk bahan pembantu pembuatan tablet. *ISTECS Journal*. IV: 71-78.
- [14] Vogel. 1990. *Buku teks analisis anorganik makro dan semimikro*. Bagian 1. Edisi kelima. PT. Kalman Media Pustaka, Jakarta: 315 hlm.