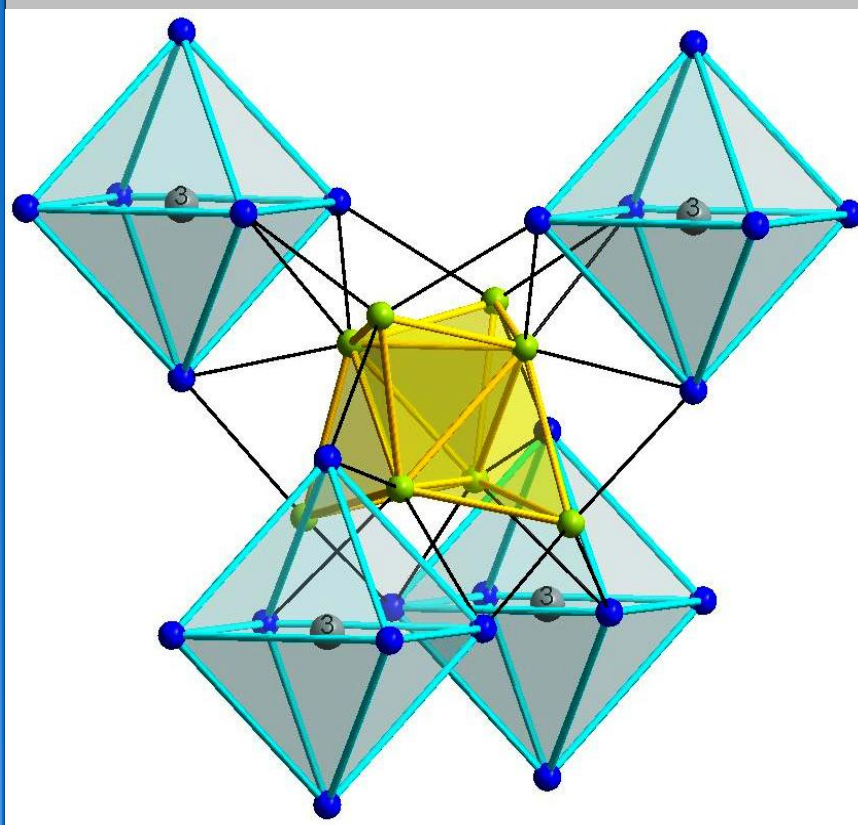


Journal of Applied and Engineering Chemistry

Volume 1

No. 1

June 2011



CHEMICAL ENGINEERING, GRADUATE SCHOOL
FACULTY OF ENGINEERING, UNIVERSITY OF SRIWIJAYA

CONTENT

Study Of Palm Oil Residue Potential For Electricity Generation In South Sumatra Indonesia <i>Muhammad D. Bustan, Hafsah, P.Abdul Salam, and S. Kumar</i>	1
Studi Kinerja <i>Low Temperature Shift Converter</i> (LTSC) pada Pabrik Pusri 1B berbasis Neraca Massa dan Neraca Panas <i>Dwi Sumarwati, Subriyer Nasir dan Muhammad Faizal</i>	10
Peguajian Performance Adsorben Serat Buah Mahkota Dewa (<i>Phaleria marcocarpa</i> (Scheff) dan Clay terhadap Larutan yang Mengandung Logam Kromium <i>Sri Haryati, Endang Supraptiah dan Muhammad D. Bustan</i>	18
Pemodelan <i>Computational Fluid Dynamics</i> untuk Mempelajari Hidrodinamika Fluida-Solid dalam <i>Autoclave</i> Skala Batch <i>Widya Grantina, Muhammad Said dan Novia</i>	24
Pengolahan Air Limbah Pewarna Sintetis dengan Metode Adsorpsi dan Ultraviolet <i>Nurlela, Muhammad Faizal dan Tuty E. Agustina</i>	29
Observasi Morfologi Khamir dari Minuman Tradisional Tuak yang Digunakan untuk Fermentasi Etanol <i>Hermansyah dan Heni Yohandini</i>	35
Crystal Structure of Novel Ternary Intermetallic Compoud $CA_3CD_8PT_4$ <i>Fakhli Gulo, Saroj L. Samal and John D. Corbett</i>	39
Produksi Listrik dari Limbah Cair Industri Tahu dengan Menggunakan <i>Salt Bridge Microbial Fuel Cell</i> <i>H. E. Putra, A. S. Putra, D. Permana, Djaenudin dan H. R. Hariyadi</i>	45
Kinetics of Methane Oxidation on Binary PT-CR Catalyst <i>Mardwita, Hideki Matsune, Sakae Takenaka and Masahiro Kishida</i>	50

PENGUJIAN *PERFORMANCE* ADSORBEN SERAT BUAH MAHKOTA DEWA (*Phaleria marcocarpa* (Scheff)) DAN CLAY TERHADAP LARUTAN YANG MENGANDUNG LOGAM KROMIUM

Sri Haryati^a, Endang Supraptiah^b and Muhammad D. Bustan^a

^aJurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Ogan Ilir 30662, Sumatera Selatan, Indonesia

^bSMK YP Gajah Mada, Palembang 30265, Sumatera Selatan, Indonesia

Corresponding author: haryati_djoni@yahoo.co.id

ABSTRAK

Metode adsorpsi sangat menjanjikan dalam mengolah buangan industry yang mengandung logam berbahaya dan memberikan kapasitas penyerapan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan ion kromium dari larutan limbah buatan melalui proses adsorpsi menggunakan adsorben campuran mahkota dewa (*Phaleria marcocarpa* (Scheff)) dan clay atau tanah lempung. Laju alir dan tinggi packing merupakan variabel yang divariasikan pada penelitian ini. Pembuatan bahan adsorpsi dilakukan dengan cara pengeringan, pencampuran dan akhirnya pengeringan. Campuran ini akan digunakan dalam proses adsorpsi dengan kolom unggun. Hasil eksperimen memperlihatkan bahwa jumlah ion logam krom yang terserap bertambah dengan bertambahnya waktu kontak. Pengurangan konsentrasi ion logam krom secara cepat terjadi pada rentang waktu hingga 30 - 40 menit. Variasi laju alir menunjukkan bahwa pada tinggi packing 60 cm dan laju alir 2,32 ml/s konsentrasi ion krom yang terserap sebesar 89,5195%.

Kata kunci: Adsorpsi, Mahkota Dewa, Clay, Logam Kromium

ABSTRACT

The adsorption method is very promising in the treatment of the industrial effluent containing hazardous metals because it provides a high absorption capacity. This study aims to separate the chromium ions from artificial wastewater solution through adsorption process using adsorbent mixtures of 'mahkota dewa' (*Phaleria marcocarpa* (Scheff)) and clay or loam soil. The effects of high flow rate and packing were experimentally investigated. The adsorption material was made through drying and mixing. This mixture will be used in the process of adsorption by the column bed. The experimental results showed that the amount of chromium ions are absorbed increases with increasing contact time. Reducing the concentration of chromium ions rapidly occur at regular intervals up to 30-40 minutes. The variation of flow rate indicates that the packing height of 60 cm and a flow rate of 2.32 ml/s the concentration of chromium ions are absorbed by 89.5195%.

Keywords: Adsorption, mahkota dewa, clay, chromium

1. PENDAHULUAN

Di antara pencemaran udara, air dan tanah, pencemaran air merupakan salah satu bentuk pencemaran yang perlu diwaspadai, dan diantara parameter pencemar air, parameter pencemaran logam berat dan polutan organik adalah yang paling berbahaya. Jaffe et al. (2003) menemukan berbagai jenis logam berat dalam konsentrasi rendah, mencakup krom (Cr), seng (Zn), timbal (Pb), kadmium (Cd) dan kobal (Co) yang berasal dari limbah industri dan pertanian. Oleh karena itu sangat mendesak diperlukan pengembangan system pengolah limbah yang efektif dan efisien.

Logam krom (Cr) adalah salah satu jenis polutan logam berat yang bersifat toksik, dalam tubuh logam krom biasanya berada dalam keadaan sebagai ion Cr^{3+} dan Cr^{6+} . Bentuk heksavalen mendapatkan perhatian yang lebih dikarenakan sifatnya yang lebih beracun. Cr(VI) bersifat labil, beracun dan bersifat karsinogenik untuk makhluk hidup (Madoni dkk, 1996). Cr(VI) merupakan logam yang sangat beracun dan dapat menyebabkan kanker pada manusia serta juga bersifat toksik untuk kehidupan aquatik pada konsentrasi yang relatif sangat rendah.

Terdapat alternatif untuk memisahkan krom dari limbah industri

yakni dengan menggunakan metode adsorpsi. Cara ini merupakan metode yang sangat menjanjikan untuk mengolah buangan industri, terutama karena harganya yang murah dan memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi (Arslan dan Pehlivan, 2006). Berdasarkan ini maka perlu dilakukan pengembangan proses yang dapat menyerap ion logam berat khususnya kromium yang berbiaya murah, dengan memanfaatkan material adsorben yang mudah diperoleh dari tanaman. Beberapa penelitian telah dilakukan oleh para ilmuwan untuk memanfaatkan biomaterial sebagai adsorben ion logam krom diantaranya menggunakan rumput laut (Danarto, dkk), kulit batang jambu biji (Kartohardjono, dkk), kulit pisang dan *Ecklonia sp.* (Park dkk., 2004), dan biji buah asam, *Tamarindus Indica* (Agarwal dkk., 2006).

Salah satu biomaterial yang dapat dimanfaatkan untuk tujuan ini adalah serat buah mahkota dewa (*Phaleria marcocarpa* (Scheff)) yang sudah banyak terbukti digunakan sebagai obat. Pada daging buah mahkota dewa dapat ditemukan zat tanin, zat tanin berperan dalam memperlancar sistem pencernaan dengan menyerap bakteri patogen pada usus. Prinsip penyerapan inilah yang mendasari penggunaan daging mahkota dewa sebagai biosorben dalam penyerapan logam berat dari limbah cair. Biomaterial ini diharapkan dapat memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi dimana padatan yang berasal dari bahan alam digunakan untuk mengikat logam berat. Selain itu biomaterial ini juga akan dicampur dengan *clay* atau tanah lempung yang juga dikenal sebagai penyerap, sehingga diharapkan serbuk serat buah mahkota dewa dapat bersinergi dengan *clay* menjadi adsorben penyerap logam berat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju alir dan tinggi packing terhadap penyerapan logam krom pada larutan serta untuk mengetahui waktu kontak yang optimal dari penyerapan logam krom.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Kromium

Ion krom dalam bentuk Cr(III) dan Cr(VI) merupakan bilangan oksidasi logam Cr yang banyak terdapat di lingkungan. Krom trivalen dalam sistem biologis termasuk logam esensial bagi manusia. Krom dalam dosis 20-50 μg per 100 g bobot badan memiliki fungsi yang baik dalam metabolisme karbohidrat, metabolisme lipid, sintesis protein dan metabolisme asam nukleat. Selain sebagai logam esensial, krom juga digolongkan sebagai logam berat dengan sifat beracun yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan juga bersifat karsinogenik terhadap manusia.

Logam Kromium biasanya digunakan untuk mengeraskan baja, pembuatan baja tahan karat dan membentuk banyak alloy (logam campuran) yang berguna. Disamping itu digunakan dalam proses pelapisan logam untuk menghasilkan permukaan logam yang keras dan indah dan juga dapat mencegah korosi. Khrom memberikan warna hijau emerald pada kaca. Khrom juga digunakan sebagai katalis. Industri refraktori menggunakan khromit untuk membentuk batu bata, karena khromit memiliki titik cair tinggi, pemuaian yang relatif rendah dan kestabilan struktur kristal.

2.2 Mahkota Dewa

Tanaman ini awalnya ditanam sebagai tanaman peneduh ini tergolong dalam suku atau family Thymelaeacea dan marga Phaleria. Mahkota dewa merupakan tumbuhan yang berkembang dan tumbuh sepanjang tahun. Kini mahkota dewa banyak digunakan sebagai tanaman obat tradisional karena kandungan zat aktif yang ada didalamnya, seperti alkaloid, flavonoid, polipenol, saponin, tanin sangat bermanfaat bagi kesehatan. Selain itu dengan analisa kualitatif mahkota dewa juga mengandung logam yang essential bagi tubuh.

2.3 Tanah

Tanah juga didefinisikan sebagai akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat tanah ruang kosong yang disebut pori – pori yang berisi air dan

udara. Ikatan yang lemah antara partikel – partikel tanah disebabkan oleh karbonat dan oksida yang tersenyawa diantara partikel – partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik. Bila hasil dari pelapukan tersebut berada pada tempat semula maka bagian ini disebut sebagai tanah sisa (*residu soil*). Hasil pelapukan terangkut ke tempat lain dan mengendap di beberapa tempat yang berlainan disebut tanah bawaan (*transportation soil*). Media pengangkut tanah berupa gravitasi, angin, air, dan gletsyer. Pada saat akan berpindah tempat, ukuran dan bentuk partikel – partikel dapat berubah dan terbagi dalam beberapa rentang ukuran.

Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis atau kimiawi. Proses fisis antara lain berupa erosi akibat tiupan angin, pengikisan oleh air dan *gletsyer*, atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan sedangkan proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya. Salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam alkali, oksigen dan karbondioksida. Pelapukan kimiawi menghasilkan pembentukan kelompok-kelompok partikel yang berukuran koloid (<0,002 mm) yang dikenal sebagai mineral lempung.

Karakteristik migrasi polutan dalam tanah pada umumnya ada empat proses yang terjadi apabila bahan polutan (cair) masuk ke dalam tanah yaitu : konveksi, dispersi, adsorpsi dan biodegradasi.

2.4 Adsorpsi

Secara umum adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan benda atau zat penyerap. Adsorpsi adalah masuknya bahan yang mengumpul dalam suatu zat padat . Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Baik adsorpsi maupun absorpsi sebagai sorpsi terjadi pada tanah liat maupun padatan lainnya, namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi.

Pengadsorpsian oleh adsorbent tanah dapat berjalan berturut – turut sebagai berikut :

1. Transfer molekul – molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorbent.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion*)
3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori – pori dalam adsorbent (*proses pore diffusion*).
4. Adsorpsi adsorbat pada dinding kapiler atau pada permukaan adsorbent (proses adsorpsi sesungguhnya).

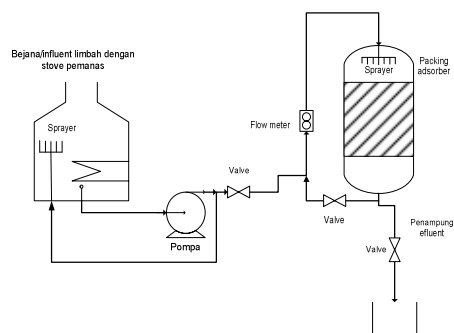
Adsorpsi dibatasi terutama oleh proses *film diffusion* dan *pore diffusion* tergantung besarnya pergolakan dalam sistem. Jika pergolakan antara partikel tanah liat dan fluida relatif kecil maka lapisan film yang mengelilingi partikel akan tebal sehingga adsorpsi berlangsung lambat. Apabila dilakukan pengadukan yang cukup maka kecepatan difusi film akan meningkat.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Persiapan adsorben

Daging buah muda mahkota dewa diiris tipis kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari sampai berat sampel konstan, sampel dihaluskan dengan menggunakan grinder. Sampel dicampur dengan menggunakan tanah liat dan air, campuran dibentuk menjadi packing berbentuk raschig ring Adsorben dipanaskan dengan menggunakan furnace pada suhu 1000 °C. Packing yang telah dibakar diaktivasi dengan HCl 0,1 N dan dipanaskan lagi pada suhu 60 °C.

3.2 Proses adsorpsi



Gambar 1. Skema diagram kolom adsorpsi

Adsorben yang telah dibentuk menjadi packing dimasukkan ke dalam kolom adsorpsi dengan variasi 30 cm, 60 cm. Kolom adsorpsi dirangkai seperti Gambar 1. Larutan limbah sintesis (larutan $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$) dimasukkan ke dalam kolom, kemudian dengan debit larutan limbah yang diatur, larutan dialirkan ke kolom adsorber. Dengan waktu kontak yang bervariasi larutan limbah diambil sampel kemudian diukur kadar logam Cr^{3+} dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom.

3.3 Persiapan pengujian

Untuk membuat larutan induk Cr (VI), larutan logam Cr 1,0 gr dituangkan ke dalam labu ukur 1000 mL, kemudian aquadest ditambahkan sampai tanda batas.

Larutan baku krom kemudian disiapkan dengan ppm 0; 0,2; 0,5; 1; 2; dan 4 ppm. Dengan menggunakan pipet 0 ml; 0,2 ml; 0,5 ml; 1 ml; 2 ml dan 4 ml larutan induk krom 1000 mg/l masing – masing dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml. Kemudian aquadest ditambahkan sampai tanda batas sehingga diperoleh kadar krom ; 0,2; 0,5; 1; 2; dan 4 mg/l.

3.4 Pembuatan kurva kalibrasi

Alat Spektrofotometer Serapan Atom diatur sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengujian kadar krom. Larutan baku satu persatu disuntikkan ke dalam alat Spektrofotometer Serapan Atom melalui pipa kapiler, kemudian masing-masing serapan yang masuk dicatat. Apabila perbedaan hasil pengukuran lebih dari 2 %, keadaan alat diperiksa atau mengulangi langkah 1 dan 2. Kurva kalibrasi dibuat berdasarkan data yang diperoleh atau dengan menentukan persamaan garis lurus.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi larutan

Larutan yang mengandung krom yang digunakan pada penelitian ini adalah $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan konsentrasi 2000 ppm, konsentrasi tersebut diambil berdasarkan konsentrasi limbah cair industri pelapisan logam yang sangat tinggi dan tidak memenuhi standar

apabila limbah cair dibuang ke lingkungan. Sehingga perlu dilakukan perlakuan terhadap limbah sintesis tersebut untuk menurunkan kadar krom yaitu dengan mengadsorpsinya dengan menggunakan adsorben campuran mahkota dewa dan tanah lempung atau *clay*.

4.2 Preparasi adsorben

Preparasi adsorben dimulai dari mengeringkan daging buah mahkota dewa yang telah diiris tipis di bawah sinar matahari selama 10 hari hingga beratnya konstan, hal tersebut dilakukan karena pada suhu yang tinggi kandungan zat kimia pada mahkota dewa dapat hilang, selanjutnya daging mahkota dewa dihaluskan dengan grinder dan diayak sehingga didapat ukuran sebesar 50 mesh. Serbuk Mahkota dewa yang telah kering dicampurkan dengan tanah lempung atau *clay* dengan perbandingan 1 : 1 (v/v), kemudian campuran harus diuli sampai rata tujuannya agar tingkat keplastisan dan homogenitas merata serta bebas dari gelembung udara.

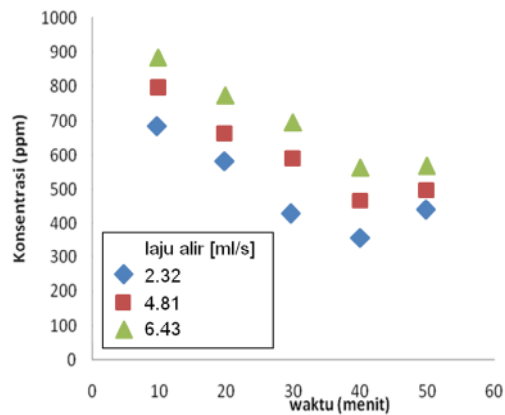
Campuran yang telah liat kemudian di cetak menjadi silinder dengan ukuran diameter 0,5 cm dan tinggi 1 cm, dan ditengahnya diberi lubang supaya luas permukaan adsorben menjadi lebih besar. Hasil cetakan kemudian dibakar di furnace dengan temperatur 1000°C sehingga yang tersisa pada adsorben tersebut berupa ion – ion logam.

Sebelum dimasukkan ke dalam kolom adsorpsi, adsorben yang telah kering diaktivasi terlebih dahulu dengan 0,1 N HCl untuk mengganti ion – ion yang ada pada adsorben, kemudian dikeringkan kembali dengan oven pada suhu 60°C.

4.3 Hasil konsentrasi krom dalam larutan keluaran

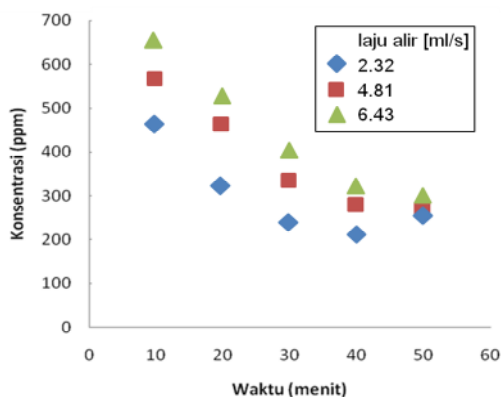
Hasil konsentrasi logam krom (Cr^{3+}) yang telah diadsorpsi dengan menggunakan adsorben campuran mahkota dewa dan *clay* pada berbagai variasi tinggi kolom dan laju alir terhadap waktu kontak dapat dilihat pada gambar dibawah menunjukkan hubungan antara waktu penyerapan dengan konsentrasi logam krom yang terserap pada tinggi

packing yang bervariasi. Dari kurva terlihat bahwa pada 10 menit pertama sudah terjadi pengurangan ion logam krom secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa adsorben campuran mahkota dewa dan tanah liat ini mempunyai kecepatan penyerapan yang baik dan mahkota dewa yang ditambahkan bersinergi dengan tanah liat meningkatkan aktivitas penyerapan terhadap ion logam krom.



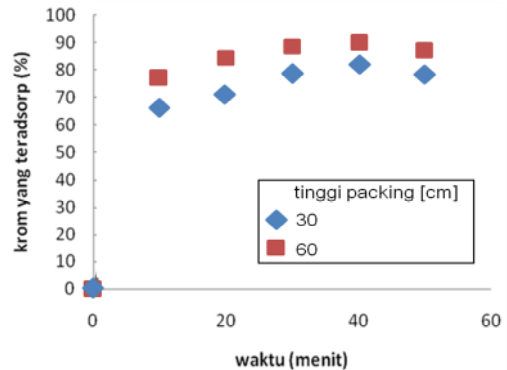
Gambar 2. Kurva konsentrasi krom terhadap waktu pada tinggi packing 30 cm

Pada laju alir 2,32 ml/detik dengan rentang waktu kontak 20 menit hingga 40 menit masih terjadi penurunan konsentrasi ion logam krom, namun dari rentang waktu 40 hingga 50 menit pengurangan ion logam krom sudah tidak signifikan lagi. Sedangkan untuk laju alir 4,81 ml/detik dan 6,43 ml/detik, pada rentang waktu 20 hingga 40 menit terjadi pengurangan konsentrasi ion logam, hingga menit ke 50, tetapi pengurangannya tidak terlalu signifikan, hal tersebut dikarenakan packing mengalami kejenuhan



Gambar 3. Kurva konsentrasi krom terhadap waktu pada tinggi packing 60 cm

Pada kurva dapat terlihat bahwa proses adsorpsi mencapai titik kesetimbangan pada rentang waktu antara 40 menit dan 50 menit. Titik kesetimbangan tercapai bilamana pengurangan konsentrasi ion logam krom mencapai titik maksimalnya sehingga penambahan waktu kontak tidak akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan konsentrasi ion logam krom.



Gambar 4. Kurva hubungan antara waktu dan krom yang terserap pada variasi tinggi packing dengan laju alir 2,32 ml/s

Dari grafik pada gambar 4 menunjukkan bahwa dengan tinggi packing yang berbeda akan menunjukkan penurunan tingkat konsentrasi ion logam krom. Tinggi packing 60 cm jauh lebih baik dibandingkan dengan tinggi packing 30 cm, hal ini disebabkan karena semakin tingginya packing maka luas permukaan kontak adsorben mahkota dewa menjadi semakin besar sehingga penyerapan menjadi lebih baik.

Analisa secara geometrik menunjukkan penurunan kandungan krom didalam sampel akibat pengaruh lamanya waktu adsorbs, krom terserap sedikit lebih banyak pada laju alir 2,32 ml/s dengan waktu yang lebih cepat. Hal ini diakibatkan kecilnya laju alir mengakibatkan tersedianya ruang yang cukup di dalam pori adsorben untuk proses penyerapan.

Kemampuan adsorben untuk menyerap logam krom tidak terlepas dari keaktifan logam krom itu sendiri. Oksida krom didalam limbah terionisasi menjadi Cr^{2+} dan Cr^{6+} yang sangat elektro positif. Pergerakan secara difusi ion krom didalam limbah sangat tergantung dari besarnya diameter saluran pori adsorben.

Faktor yang sangat mendukung untuk mempercepat proses penyerapan pada adsorben adalah tidak terlepas dari masuknya air ke pori. Pada awal proses, air baru dapat bergerak pada permukaan, akan tetapi dengan bertambahnya waktu seluruh pori akan terbasahi oleh air. Keadaan ini akan mengakibatkan pembengkakan pori sehingga luas permukaan kontak akan tersedia lebih baik. Pengisian pori oleh air menyeluruh sekaligus akan meningkatkan laju penyerapan unsur krom sebagai akibat adanya ion-ion hydrogen dan hidroksi didalam pori. Selanjutnya gaya ion dan gaya elektrostatik dari krom akan meningkat yang menyebabkan munculnya gaya tarik yang melibatkan molekul air, ion Cl serta ion krom itu sendiri. Dengan bertambahnya jumlah kation-kation bermuatan di sepanjang pori adsorben aktif maka akan terjadi apa yang disebut dengan medan elektronika disekitar adsorben sehingga interaksi penyerapan akan meningkat. Dengan demikian gejala medan listrik ini lebih kuat terjadi pada adsorben yang kaya kation dengan bertambahnya waktu adsorbs dibawah kondisi optimal. Akan tetapi jika karbon aktif telah jenuh maka kerapatan kation dan kekuatan medan elektronika menurun yang mengakibatkan pori-pori akan tertutup.

5. KESIMPULAN

Kemampuan adsorpsi ion logam krom oleh adsorben campuran mahkota dewa dan *clay* akan menurun seiring dengan peningkatan waktu kontak. Hal ini dikarenakan adsorben telah mengalami kejenuhan. Penyerapan ion logam semakin meningkat dengan bertambahnya tinggi packing pada kolom adsorpsi dan semakin kecilnya laju alir, dimana penyerapan optimal pada tinggi packing 60 cm dan laju alir 2,32 ml/s.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan biosorben campuran mahkota dewa dan tanah liat atau *clay* untuk adsorpsi limbah logam yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

1. Agarwal, G.S., Hitendra Kumar Bhuptawat and Sanjeev Chaudhari.,

- 2006, "Biosorption of aqueous chromium(VI) by *Tamarindus indica* seeds", *Bioresource Technology*, 97, hal. 949-956.
2. Danarto.Y.C., Artati.E.K., "Pemodelan Adsorpsi Logam Berat Cr dengan Biomassa Rumput Laut pada Kolom Unggun Tetap". Laporan penelitian staff pengajar fakultas teknik, UNS, diakses tanggal Juni 2010.
3. Darnato.Y.C., et al. 2008, "Pengaruh Aktivasi karbon dari Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cr(VI)"., Jurusan Teknik Kimia, UNS, Surakarta
4. Dean,S.A., Tobin,J.M., 1999, "Uptake of chromium cation and anions by milled peat", *Resour. Conserv. Recycl.*,27, hal. 151 156
5. Farida.R. W., Praptiwi., Semiadi. G., 2000., "Tanin dan Pengaruhnya pada Ternak"., *Jurnal Penelitian dan Lingkungan*, Puslitbang LIPI Bogor.