

PENGARUH LAJU ALIR TERHADAP PENGURANGAN KONSENTRASI Cr (VI) MENGGUNAKAN MEMBRAN ULTRAFILTRASI

Prahady Susmanto ST,MT, Ihsanata Hamda Hukama, Sri Yunita Hayati
Jurusan Teknik Kimia,Fakultas Teknik,Universitas Sriwijaya,Palembang

Abstrak

Limbah logam Cr (VI) merupakan logam berat yang berbentuk ion-ion logam bebas dan kompleks yang sangat susah untuk diuraikan. Pengurangan konsentrasi Cr (VI) dengan menggunakan membran ultrafiltrasi dilakukan dengan cara memvariasikan laju alir 4, 5, 6 dan 7 Lpm, dan sistem filtrasi yaitu 3 μ , 1 μ , karbon aktif dan membran ultrafiltrasi. Konsentrasi Cr (VI) yang digunakan sebesar 100 ppm yang dilewatkan ke dalam sistem ultrafiltrasi secara batch kemudian dilakukan pengukuran konsentrasi keluaran dari Cr (VI) dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dari masing-masing sistem filtrasi dan variasi laju alir. Dari hasil penelitian ini didapatkan laju alir maksimum dari sistem membran ultrafiltrasi ini sebesar 7 Lpm, Pada laju alir 7 Lpm, filtrasi 3 μ mampu menurunkan konsentrasi Cr (VI) sampai 1,02 ppm (98,98%), 1 μ mampu menurunkan konsentrasi sampai 1,00 ppm (99,00%), karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi sampai 27%, dan membran ultrafiltrasi mampu menurunkan konsentrasi Cr (VI) sampai 0.5 ppm (99,50%).

Kata kunci: Logam Cr (VI), membran ultrafiltrasi, laju alir, karbon aktif, AAS

Abstract

Waste Cr (VI) is a heavy metal in the form of free metal and complex ions are very difficult to untangle. To reduce the concentration of Cr (VI) using ultrafiltration membranes is done by varying the flow rate of 4, 5, 6 and 7 Lpm, and the filtration system is 3 μ , 1 μ , activated carbon and ultrafiltration membranes. Cr (VI) is used at 100 ppm that is passed into the batch ultrafiltration system then measuring the output concentration of Cr (VI) using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) from each of the filtration system and flow rate variations. The result are, the maximum flow rate of the ultrafiltration membrane system is at 7 Lpm, At 7 Lpm flow rate, filtration 3 μ capable of lowering the concentration of Cr (VI) to 1.02 ppm (98.98%), 1 μ capable of lowering the concentration to 1.00 ppm (99.00%), activated carbon capable of lowering the concentration to 27%, and ultrafiltration membrane capable of lowering the concentration of Cr (VI) to 0.5 ppm (99.50%).

Keywords: Crom (VI), ultrafiltration membrane, flowrate, active carbon, AAS

Pendahuluan

Air limbah logam berat Cr (VI) merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya khususnya jika masuk ke dalam tubuh manusia. Limbah logam tersebut biasanya akan berbentuk ion-ion bebas dan kompleks yang sangat susah untuk diuraikan oleh alam.

Limbah logam Cr (VI) banyak berasal dari industri pelapisan logam, kulit, tekstil. Untuk limbah logam Cr (VI) ini mempunyai toksisitas yang sangat tinggi LC 5096 jam, 2.000 – 20.000 g/l terutama Cr(VI)/krom heksavalen dimana bersifat toksik yang dapat menyebabkan kanker kulit dan saluran pernapasan (Sugiharto, 1987).

Logam Cr adalah unsur logam dengan nomor atom 24, Massa atom ($M_r = 51,996$ gr/mol) dengan besarnya energi ionisasi pertama 651,1 kJ/mol, energi ionisasi kedua 1590,1 kJ/mol, dan energi ionisasi ketiga mencapai 2987,1 kJ/mol. Logam Cr juga memiliki isotop 6 sehingga sering dijumpai ada logam Cr (III), Cr (IV) dan Cr (VI). Logam Cr salah satu logam yang bersifat racun jika sampai masuk atau kontak dengan tubuh manusia diantaranya adalah ruam kulit, perut mual, masalah pernapasan. Jika telah lama terakumulasi didalam tubuh akan mengakibatkan kerusakan ginjal dan hati, kanker hingga menyebabkan kematian (Polar, H. 1994).

Partikel logam Cr (VI) memiliki diameter yang sangat kecil ($<10\mu\text{m}$) jika berada di udara (U.S. EPA, 1984). Pada lingkungan perairan logam Cr (VI) bersifat sangat reaktif sehingga sangat mudah untuk mengikat anion yang terdapat pada lingkungan tersebut sehingga membentuk anion kompleks atau dapat juga membentuk Cr (III) dengan cara bereaksi dengan *reducing agent* (EPA, 1998). Dengan kondisi ini maka diameter Cr (VI) yang berada pada lingkungan air akan semakin besar pada saat berada pada lingkungan udara.

Dari data limbah yang dihasilkan beberapa industri terlihat bahwa industri pelapisan logam menghasilkan logam Cr yang lebih tinggi dibanding limbah yang berasal dari penyamakan kulit dan tekstil. Dimana kadar maksimum air limbah Cr (VI) yang diizinkan untuk di buang ke lingkungan hanya 0,5 ppm.

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	pH	-	6 – 9
2	TSS	mg/L	150
3	BOD	mg/L	50
4	COD	mg/L	100
5	Sulfida	mg/L	1
6	Amonia (NH ₃ -N)	mg/L	20
7	Fenol	mg/L	1
8	Minyak & Lemak	mg/L	15
9	MBAS	mg/L	10
10	Kadmium	mg/L	0,1
11	Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,5
12	Krom total (Cr)	mg/L	1
13	Tembaga (Cu)	mg/L	2
14	Timbal (Pb)	mg/L	1
15	Nikel (Ni)	mg/L	0,5
16	Seng (Zn)	mg/L	10
17	Kuantitas Air Limbah Maksimum	0,8 L perdetik per Ha Lahan Kawasan Terpakai	

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri

Ultrafiltrasi merupakan pemisahan dengan membran berpori yang dapat memisahkan air dari padatan mikro yang berasal dari molekul besar dan koloid. Ukuran pori rata-rata untuk membran ultrafiltrasi adalah 10-1000Å⁰.

Membran ultrafiltrasi sintetis pertama kali disintesa oleh Bechhold dari collodion (*nitro cellulose*). Perkembangan pesat ultrafiltrasi dimulai sejak tahun 1969 ketika Abcor (divisi dari Koch Industries) berhasil mendisain ultrafiltrasi skala industri dengan membran berbentuk tubular (Baker, 2004).

Modul ultrafiltrasi dapat dijumpai dalam bentuk *tubular* dan *plate and frame*. Namun dengan pertimbangan ekonomis, dan untuk senyawa yang relatif *non fouling* bentuk *spiral wound* lebih banyak dipakai saat ini untuk menggantikan bentuk *tubular* atau *plate and frame*. Sistem operasi Ultrafiltrasi dapat dibedakan atas 1) *batch process* dan 2) *continous process* (Baker 2004).

Sistem ultrafiltrasi batch merupakan sistem filtrasi sederhana satu tahap dengan melakukan *recycle* sebagian permeat, sedangkan ultrafiltrasi kontinyu merupakan filtrasi dua atau tiga tahap sehingga memungkinkan didapat permeat dalam kuantitas yang besar.

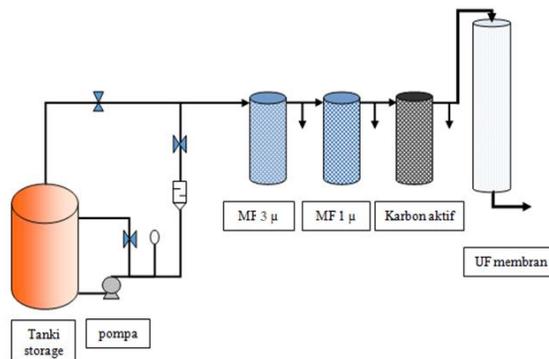
Pada proses pemisahan penggunaan membran, faktor tekanan menjadi parameter yang sangat penting karena agar dapat terjadinya proses filtrasi dibutuhkan suatu tekanan yang dijadikan sebagai *driving force*. Tekanan yang terjadi ini berhubungan dengan laju alir cairan yang melewati membran. Pada penelitian ultrafiltrasi untuk menghilangkan kandungan logam Fe^{2+} pada air rawa terlihat bahwa semakin besar laju alir maka semakin besar logam Fe^{2+} yang mampu dipisahkan (Prahady S, et al. 2014). Tetapi kemampuan ini harus tetap diimbangi oleh kemampuan atau pun daya tahan pori-pori membran tersebut terhadap tekanan yang diterimanya.

Aplikasi ultrafiltrasi banyak dijumpai pada *electrocoat paint*, produksi keju, klarifikasi jus buah, pemisahan emulsi minyak dan air, pemurnian air, produksi enzim dan lain-lain. Berbagai penelitian mengenai ultrafiltrasi dijumpai dalam literatur (Yeh, 2002; Vela et al 2007; Shao et al 2009, Mori et al 2013).

Metodelogi Penelitian

Pada penelitian ini digunakan $K_2Cr_2O_7$ sebagai bahan baku Cr (VI), yang kemudian dibuat menjadi larutan 100 ppm. Larutan Cr (VI) tersebut dilewatkan secara batch kedalam rangkaian peralatan membran ultrafiltrasi dengan memvariasikan laju alir 4, 5, 6 dan 7 Lpm (liter per menit). Keluaran dari membran tersebut berupa kandungan Cr (VI) dianalisa menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

Rangkaian Peralatan



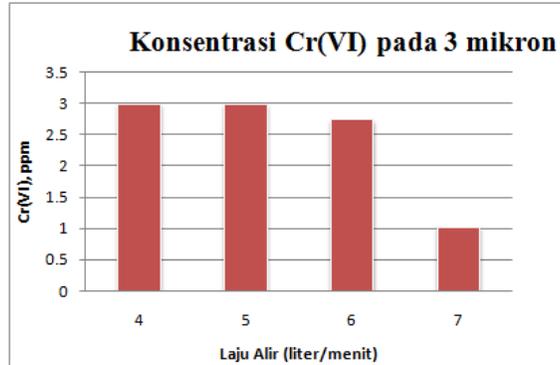
Gambar 1. Rangkaian Peralatan Penyerapan Cr(VI)

Hasil Dan Pembahasan

Dari bahan baku yang digunakan dengan kandungan Cr (VI) sebesar 100 ppm, memiliki pH sebesar 5,5 didapatkan hasil yaitu :

a. Konsentrasi Cr (VI) pada 3 mikron

Dari hasil keluaran pada filtrasi 3 mikron, penurunan konsentrasi Cr (VI) pada 4 Lpm dan 5 Lpm sama yaitu sebesar 3 ppm. Sedangkan pada 6 Lpm dan 7 Lpm mulai mengalami penurunan konsentrasi yang cukup besar, dimana penurunan konsentrasi Cr (VI) terbesar yaitu pada 7 Lpm sebesar 98.98% atau mencapai 1.02 ppm.

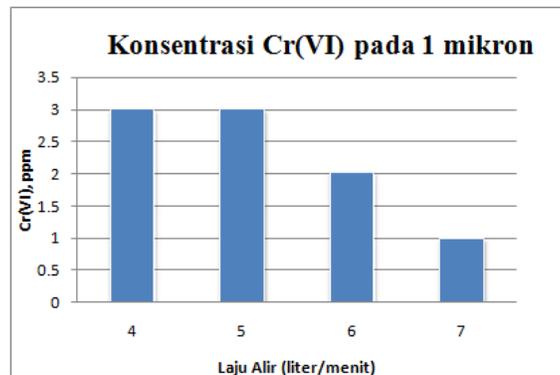


Gambar 2. Hubungan Laju Alir dan Konsentrasi Cr(VI) pada 3 mikron

Ini menunjukkan bahwa media filtrasi dengan ukuran 3 mikron cukup memberikan hasil yang signifikan terhadap pengurangan konsentrasi Cr (VI) pada suatu larutan. Ini tidak terlepas dengan ukuran diameter dari molekul Cr (VI) yang menjadi lebih besar jika berada pada media cair dibanding jika berada pada media udara. Ketika laju alir diperbesar, maka semakin mudah melepas kandungan Cr(VI) di dalam larutan tersebut. Terlihat laju alir 7 Lpm memberikan hasil yang paling baik dibandingkan laju alir lainnya

b. Konsentrasi Cr (VI) pada 1 mikron

Pada filtrasi menggunakan ukuran 1 mikron, kondisi yang sama juga terjadi pada 4 Lpm dan 5 Lpm, dimana konsentrasi Cr (VI) keluaran sebesar 3 ppm. Kondisi ini disebabkan karena kinerja filtrasi yang dalam hal ini dipengaruhi oleh tekanan dan ukuran pori-pori tidak terlalu berpengaruh.

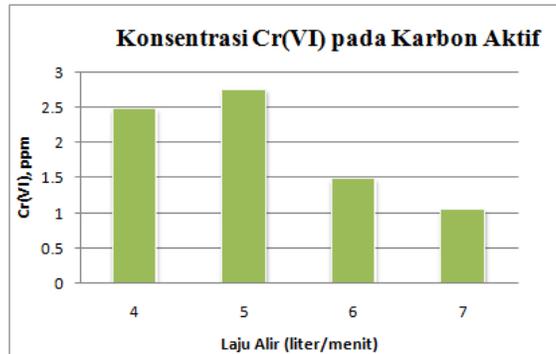


Gambar 3. Hubungan Laju Alir dan Konsentrasi Cr(VI) pada 1 mikron

Penurunan Cr (VI) akan mulai mengalami perubahan yang cukup besar jika kita menaikkan *flowrate* menjadi lebih besar, ini terlihat pada 6 Lpm dan 7 Lpm. Dimana masing-masing konsentrasi keluaran Cr (VI) sebesar 2.75 ppm dan 1.02 ppm. Ini menunjukkan bahwa jika *flowrate* memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap proses filtrasi. Semakin tinggi *flowrate*, menyebabkan terlepasnya ion Cr (VI) dalam larutan ditambah semakin kecilnya pori dari membran filtrasi tersebut.

c. Konsentrasi Cr (VI) pada Karbon Aktif

Pada penyerapan konsentrasi Cr (VI) menggunakan karbon aktif sebagai media adsorpsi memberikan hasil penyerapan maksimum hingga 2,75 ppm pada flow rate 5 Lpm. Berbeda halnya dengan filtrasi pada adsorpsi ini sangat dipengaruhi oleh waktu tinggal, artinya semakin rendah laju alir *flowrate* maka semakin tinggi kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi suatu senyawa.



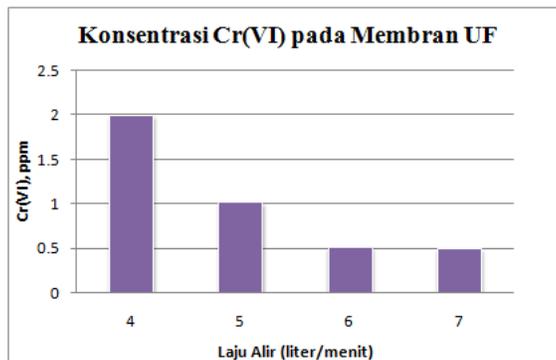
Gambar 3. Hubungan Laju Alir dan Konsentrasi Cr(VI) pada Karbon Aktif

Kondisi ini berbanding terbalik dengan proses filtrasi yang dilakukan pada sistem membran ultrafiltrasi, karena semakin rendah laju alir maka akan memperluas bidang kontak serta waktu kontak antara larutan Cr (VI) dan absorbennya.

d. Konsentrasi Cr (VI) Pada Membran UF

Membran ultrafiltrasi memiliki ukuran yang lebih kecil daripada membran mikrofiltrasi. Semakin kecil ukuran pori membran membuat partikel Cr (VI) yang lolos semakin sedikit.

Pada membrane UF memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap pengurangan konsentrasi Cr (VI) mencapai 0,5 ppm pada laju alir 6 Lpm dan 7 Lpm. Hal ini memperlihatkan pengaruh *flow rate* sebagai *driving force*.



Gambar 4. Hubungan Laju Alir dan Konsentrasi Cr(VI) pada Membran UF

Kesimpulan

1. Pengurangan konsentrasi logam Cr (VI) dari rangkaian peralatan membran UF dengan memvariasikan laju alir didapatkan hasil maksimum pada 7 Lpm.
2. Pada laju alir 7 Lpm, filtrasi 3 μ mampu menurunkan konsentrasi Cr (VI) sampai 1,02 ppm (98,98%), 1 μ mampu menurunkan konsentrasi sampai 1,00 ppm (99,00%), karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi sampai 27% , dan membran ultrafiltrasi mampu menurunkan konsentrasi Cr (VI) sampai 0.5 ppm (99,50%).
3. Hasil yang dicapai pada penelitian ini menunjukkan pengurangan kadar krom yang boleh untuk dibuang kelingkungan (0.5 ppm).
4. Perlu penambahan laju alir dan memperbesar diameter dari Cr(VI) sehingga konsentrasi krom yang dibuang kelingkungan semakin sedikit

Daftar Pustaka

Baker, R.W., (2004). *Membrane Technology and Applications*, 2nd ed John Wiley and Sons, West Sussex, England.

Cyntia L.R., Yuliany, Veinardi S., 2002, Pengaruh Media Perendaman Terhadap Permeabilitas Membran Polisulfon, *Jurnal Matematika Dan Saint* Vol.7 No.2 Hal 77-83 diakses melalui jurnal.fmipa.itb.ac.id/jns/article/viewfile//7

Herry Poernomo, 2003, Penurunan Kadar Krom VI Dalam Limbah Cair Industry Pelapisan Logam Di Tegal Dengan Zeolite Gunung Kidul, *Prosiding Pertemuan Dan Persentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Nuklir P3TM-BATAN*, Yogyakarta.

Husnah (2013), Pengaruh koagulasi flokulasi pada Pengolahan Air Sungai dan Air Rawa dengan Membran Fabrikasi dan Komersial, Thesis S2 Pascasarjana Unsri, Tidak dipublikasikan.

Hartaty, A dan D.Sulaiman, (2013), Pengaruh pralakuan awal dengan koagulan poly aluminium chloride dan sodium alginate terhadap kualitas air bersih yang dihasilkan pada pengolahan air sungai musi dan air rawa sakatiga dengan dua jenis membran keramik, *Laporan Penelitian*, Tidak dipublikasikan.

Mori, M, et-al (2013), Photodecomposition of humic acid and natural organic matter in swamp water using a TiO₂-coated ceramic foam filter: Potential for the formation of disinfection byproducts, *Chemosphere*, Volume 90, Issue 4, January, Pages 1359–1365

Nina Khairani, 2007, Penentuan Kandungan Unsur Krom Dalam Limbah Tekstil Dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron, *Berkala Fisika UNDIP*, Vol . 10 No. 1, Januari 2007, Hal, 35-43.

Polar H., 1994, *Pencemaran Dan Toksi Dan Logam Berat*, Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.

Prahady S., J. Prihantoro, A. Rumaiza, 2014, Pengolahan Air Rawa Menjadi Air Bersih Di Daerah Timbangan Indralaya (-3,201341 Ls 104,6513881 Bt) Menggunakan Membran Ultrafiltrasi, avoer 6, Universitas Sriwijaya.

Sugiarto, 1987, *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Penerbit UI Press, Jakarta.

Suhendar, A dan Muhammad Arifin (2012), Pengaruh Dosis Koagulan FeCl₃ Terhadap Kualitas Air Bersih Yang Dihasilkan Pada Pengolahan Air Sungai Musi Menggunakan Membran Keramik, *Laporan Riset Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*, tidak dipublikasikan.

Sunardi dkk, 2005, Studi Pemanfaatan Serbuk Besi Untuk Menurunkan Krom Heksavalen Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam, *Makalah Seminar Nasional Perkembangan Riset Dan Teknologi Di Bidang Industry*, 25 Mei 2005, Teknik Kimia FT, Teknik UGM.

Syahril A. 2007, Aplikasi Membran Osmosa Balik Untuk Pengolahan Limbah Cair Logam Toksik, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, diakses download.portalgaruda.org/article.php/article:128738&val:45428title.

Vela, M.C.V., Blanco, S.A., García, J.L., Gozávez-Zafrilla, J.M., &Rodríguez. E.B., (2007).Modelling of flux decline in crossflow ultrafiltration of macromolecules: comparison between predicted and experimental results. *Desalination*, 204, 1–3, 328–334.

Yeh, M.H (2002).Decline of permeate flux for ultrafiltration along membrane tubes, *Desalination*, 145, 1–3, 153–157.