

IMMOBILISASI LIMBAH FERMENTASI PABRIK ALKOHOL TERHADAP ADSORPSI LOGAM BERAT KADMIUM (Cd)

Adrian Nur

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta

e-mail : adrian_nur@yahoo.com

Abstract : *Saccharomyces cerevisiae had ability to accumulate heavy metal from solutions. Saccharomyces cerevisiae which used as heavy metal adsorbent was fermentation waste biomass from alcohol plant due to economic considerations. These adsorbent would be degraded in solutions. This weakness could be overcome by immobilizing the adsorbent with silica gel. The objectives of this research was to determine optimal weight ratio of adsorbent to silica gel in immobilization process. Weight ratio of adsorbent to silica gel used are 5 : 1, 5 : 2, 5 : 3, 5 : 4, and 1 : 1. Batch adsorption was done by contacting cadmium solution and adsorbent which had been immobilized in shaker bath for 2 hours. Sample was analyzed with Atomic Absorption Spectrometer (AAS). Rate of degradation was done by contacting aquadest and immobilized adsorbent in a three necks glass and an extractor equipped. The research result that optimal weight ratio of adsorbent to silica gel are 5 : 2 for the maximum cadmium adsorption and 5 : 3 for the slowest rate of degradation.*

Keywords : *adsorption, cadmium, immobilized, alcohol plant waste biomass, Saccharomyces cerevisiae*

PENDAHULUAN

Logam-logam berat pencemar lingkungan tingkat tinggi antara lain Hg, Cd, dan Pb. Penggunaan Hg dan Pb telah banyak berkurang. Namun penggunaan Cd justru semakin meningkat sehingga perlu untuk segera ditanggulangi.

Saccharomyces cerevisiae mempunyai kemampuan dalam mengakumulasi logam berat, termasuk kadmium. Volesky [1994] menyatakan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* dalam keadaan mati mampu menyerap kadmium 15-45 mg Cd per berat kering biomassa. Sedangkan akumulasi kadmium oleh *Saccharomyces cerevisiae* sebagai sel hidup [Suhendrayatna, 2001] mampu mengambil 10 % Cd untuk konsentrasi awal 0,48 ppm. Keadaan biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang ada dalam limbah tersebut, baik dalam keadaan mati ataupun hidup [Mawardi, dkk., 1997], tidak akan mengurangi kemampuannya dalam menyerap logam berat.

Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang berada dalam limbah fermentasi pabrik alkohol perlu diimmobilisasi dengan alasan :

- mencegah terjadinya dekomposisi oleh mikroba lain [Jasmidi, dkk., 2001]
- agar biomassa dapat dikemas sehingga lebih praktis jika diterapkan di industri.
- meningkatkan kemampuan biomassa menyerap logam [Mamaril, dkk., 1997]

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perbandingan limbah fermentasi pabrik alkohol dan silika yang optimal pada proses immobilisasi.

LANDASAN TEORI

Kadmium merupakan salah satu logam berat dengan berat molekul 112,41 g/mol dengan densitas 8.65 mg/l. Keelektonegatifan Cd 1,5 [Brady dan Holum. 1988]. Keelektonegatifan memegang peranan penting pada proses adsorpsi yang melibatkan pembentukan ikatan kimia antara logam berat dengan gugus aktif pada adsorben. Kapasitas adsorpsi kation terjerap bertambah dengan kenaikan muatan ion dan berkurang dengan ukuran ion. Cd dalam larutan hanya muncul sebagai Cd^{2+} sebagai $Cd(OH)^+$ dan $Cd(OH)_4^{2-}$, dengan ukuran ion 0,94. Cd^{2+} akan terhidrolisa dalam larutan basa.

Kadar Cd pada baku mutu air yang telah ditetapkan pemerintah melalui KEPMEN No. 02/MENKLH/1/88 sebesar 0,01 mg/l.

Kemampuan adsorpsi kation logam berat oleh biomassa dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Polarisasi logam

Kemampuan pembentukan senyawa kompleks ion logam dan gugus aktif tergantung pada kemampuan mempolarisasi ion-ion logam tersebut [Jasmidi, dkk., 2001],

yaitu perbandingan muatan dan jari-jari ion. Kation dengan kemampuan mempolarisasi yang tinggi mempunyai pusat muatan positif dengan kerapatan yang tinggi, sehingga akan menghasilkan interaksi yang kuat dengan ligan. Ion dengan ukuran kecil bermuatan tinggi akan memiliki kekuatan ikatan yang tinggi.

2. pH larutan

Kemampuan pembentukan senyawa kompleks gugus fungsional dinding sel dengan logam terjerap dipengaruhi pH larutan. Secara umum semakin tinggi pH larutan [Nur, dkk., 2002], maka logam yang terjerap akan semakin baik. pH yang rendah akan menambah konsentrasi H_3O^+ dan meningkatkan kompetisi ion logam berat dengan H_3O^+ untuk membentuk senyawa kompleks. Akibatnya gugus fungsional dinding sel tertutup oleh ion Hidronium H_3O^+ , yang akan membatasi masuknya ion logam berat. Dinding sel menjadi lebih bermuatan positif dengan penurunan pH, yang akan menghambat interaksi dengan ion logam berat yang bermuatan positif, sehingga menurunkan jumlah logam yang dapat dijerap. Namun perlu diperhatikan juga bahwa ion logam akan terhidrolisa pada pH yang tinggi.

3. Adanya ion logam lain

Keberadaan ion-ion logam lain akan meningkatkan kompetisi ion-ion logam tersebut [Mawardi, dkk., 1997] untuk berikatan dengan dinding sel, sehingga akan menurunkan kemampuan penjerapan logam tertentu.

Proses pengikatan logam oleh *Saccharomyces cerevisiae* tidak dipengaruhi oleh sel hidup atau sel mati [Mawardi, dkk., 1997]. Ini menunjukkan proses adsorpsi logam terjadi pada permukaan dinding sel pada permukaan eksternal lain melalui mekanisme kimia dan fisis, seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks dan mikropresipitasi. Dinding sel terdiri dari α -manan, α -glukon, protein, lipid, zat anorganik terutama fosfat, chitin, dan chitosan. Chitin merupakan polimer N-asetilglukosamin yang terdapat dalam sejumlah besar dinding sel dan sangat efektif sebagai zat penjerap logam dan radionuklida. Chitosan merupakan derivat chitin, yang juga mempunyai kemampuan sebagai penjerap ion logam. Protein dan polisakarida merupakan gugus fungsional yang berperan penting dalam mengikat ion logam. Gugus ligan yang tersedia merupakan gugus yang bermuatan negatif seperti karbohidrat, fosfat, fosfodiester dan thiolat atau gugus amida

yang berkoordinasi dalam atom pusat logam melalui pasangan elektron bebas.

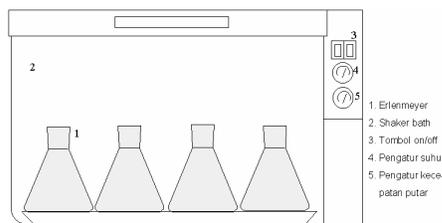
Kemampuan *Saccharomyces cerevisiae* untuk mengikat logam berat cukup baik. Penggunaan biomassa *saccharomyces cerevisiae* sebagai adsorben logam berat harus dapat bersaing dengan adsorben lain, seperti zeolit, karbon aktif, dan lain-lain. Untuk itu biomassa *saccharomyces cerevisiae* yang lebih murah harus didapatkan. Limbah fermentasi alkohol, yang menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai mikroba pengurainya, dapat dijadikan sumber *Saccharomyces cerevisiae* yang murah. Keadaan biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang ada dalam limbah tersebut, baik dalam keadaan hidup ataupun mati, tidak akan mengurangi kemampuannya dalam menjerap logam berat.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan – bahan yang digunakan adalah limbah fermentasi yang telah dikeringkan (diperoleh dari industri alkohol Bekonang), $CdCl_2 \cdot H_2O$, dan silika gel.

Limbah fermentasi pabrik alkohol yang masih berupa *sludge*, difiltrasi dan dikeringkan untuk mendapatkan padatan limbah kering. Padatan kemudian dicampur dengan silika (-40+50 mesh) dengan variasi berat 5gr, 10 gr, 15 gr, 20 gr, 25 gr. Kemudian dibasahi dengan air untuk proses *wetting*. Campuran dikeringkan dalam oven pada suhu 60-70°C selama 2 jam. Pembasahan (*wetting*) ini dilakukan sebanyak 2 kali (Raya, dkk.,2001), untuk memaksimalkan kontak antara silika gel dengan limbah padat, sehingga efisiensi immobilisasi bertambah. Briket limbah padat fermentasi yang telah diimmobilisasi di pecah-pecah dan diayak pada ukuran -40+50 mesh untuk mendapatkan ukuran yang seragam.

Adsorpsi secara batch dilakukan dengan cara mengkontakkan 5 gram biomassa bekas fermentasi pabrik alkohol yang telah diimmobilisasi dengan larutan kadmium 3 ppm 200 ml selama 2 jam dalam shaker goyang.

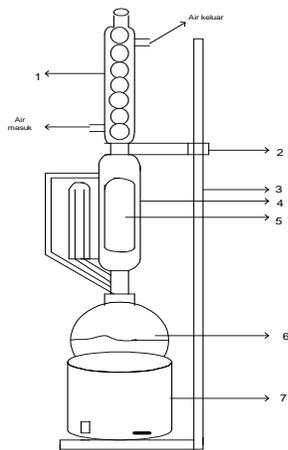


Gambar 1. Rangkaian Alat Adsorpsi secara Batch

Analisa hasil logam terjerap dilakukan dengan analisa *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Data yang diperoleh dianalisa secara statistik dengan menggunakan desain anova untuk mengetahui pengaruh berat silika dan air terhadap penurunan konsentrasi logam berat Cd. Data sampel untuk desain eksperimen faktorial yang digunakan adalah 5 x 5 dengan 3 observasi tiap sel.

Sisa hasil analisa dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dibiarkan dan ditimbang beratnya tiap hari. Penurunan berat menunjukkan terjadinya proses degradasi adsorben.

Percobaan laju pelindihan digunakan variasi berat silika yaitu 5 gr, 10 gr, 15 gr, 20 gr, dan 25 gr.



- Keterangan :
- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. Pendingin bola | 5. Sampel |
| 2. Klem | 6. Labu didih |
| 3. Statif | 7. Pemanas mantel |
| 4. Soxhlet | |

Gambar 2. Rangkaian Alat Laju Pelindihan

Susunan peralatan untuk proses pelindihan dapat dilihat pada gambar 2. Sampel ditempatkan pada soklet dengan dibungkus kain. Sebagai pelarut digunakan aquadest 500 ml. Laju pelindihan dihitung dengan menentukan selisih berat kering sebelum dan sesudah proses dibagi luas permukaan dan waktu yang digunakan.

$$L_R = \frac{W_0 - W_t}{SA \cdot t} \quad (1)$$

dengan L_R = laju pelindihan (gram/cm² .hari), W_0 = berat kering sampel mula-mula (gram), W_t = berat kering sampel setelah dilindih (gram), SA = luas permukaan sampel (cm²), t = waktu lindih (hari).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adsorpsi secara Batch

Konsentrasi larutan kadmium hasil adsorpsi secara batch dianalisa dengan AAS. Hasilnya kemudian diolah dengan metode analisa anova dengan design eksperimental faktorial 5 x 5. Anova hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Daftar Anova Konsentrasi Logam setelah Adsorpsi Batch

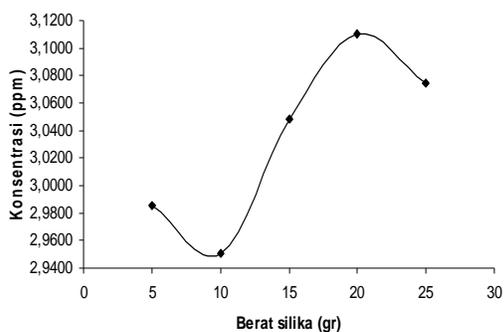
Sumber Variasi	dk	JK	KT	Fhit	Ftabel
Rata-rata	1	689.3567			
Perlakuan					
A	4	0.0167	0.0042	1.3819**	3.18
B	4	0.2042	0.0511	16.8708*	3.18
AB	25	0.7121	0.0285	9.4121*	2.38
Kslhn	12.5	0.0378	0.0030		
Jmlh	46.5	690.3276			

* = Signifikan

** = non signifikan

Tabel 1 menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang berarti pada hasil yang diperoleh dengan adanya perlakuan variasi air (perlakuan A), terdapat pengaruh yang berarti dengan adanya perlakuan berat silika (perlakuan B), serta terdapat pengaruh perlakuan yang signifikan pada hasil yang diperoleh pada perlakuan variasi komposisi air dan silika (taraf 0,05).

Berat silika optimal dapat terlihat dari gambar 3. Berat konsentrasi logam Cd terendah pada perbandingan berat limbah dan silika (5:2). Hal ini menunjukkan bahwa adsorben mampu bekerja optimal menyerap logam berat Cd pada perbandingan limbah dan silika (5:2). Jika berat silika lebih rendah dari berat silika optimum maka kecenderungan yang tampak adalah kemampuan adsorben menyerap logam berat lebih rendah, sehingga konsentrasi logam berat kadmiumnya besar. Hal ini disebabkan karena jumlah limbah lebih banyak dari pada jumlah silika sehingga lebih mudah terdegradasi. Dan jika berat silika lebih besar dari pada jumlah optimum maka semakin kecil jumlah limbah, sehingga kemampuan adsorben dalam menyerap logam berat Cd menurun. Hal ini menyebabkan konsentrasi limbah semakin besar juga.



Gambar 3. Hubungan berat silika dengan konsentrasi Cd setelah adsorpsi batch

Berat Terdegradasi

Penentuan berat silika optimal juga dilakukan dengan melihat berat degradasi yang terjadi. Anova hasil perhitungan ditunjukkan tabel 2.

Dari analisa desain anova di atas dapat dilihat bahwa komposisi adsorben tidak mempengaruhi degradasi adsorben saat proses, hal ini dikarenakan larutan logam Cd tidak mengalir sehingga tidak mendegradasi adsorben secara signifikan.

Tabel 2. Daftar Anova Berat Terdegradasi

Sumber Variasi	dk	JK	KT	Fhit	Ftabel
Rata-rata Prlakun	1	222.74			
A	4	1.31	0.33	1.27**	2.76
B	4	1.20	0.30	1.16**	2.76
AB	25	11.52	0.46	1.79**	2.76
Kslhn	12.5	6.45	0.26		
Jmlh	46.5	243.22			

* = Signifikan

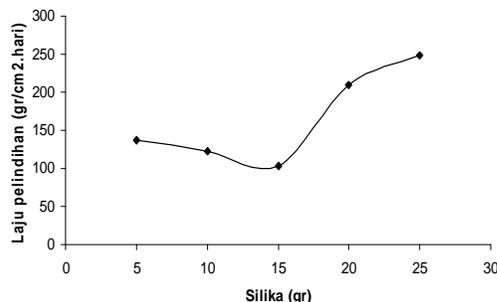
** = non signifikan

Laju Pelindihan

Tabel 3 dan gambar 4 menunjukkan hubungan perbandingan berat silika dan limbah terhadap laju pelindihan pada laju kondensasi yang tetap yaitu 4,35 L / hari. Terlihat juga bahwa laju pelindihan paling lambat pada berat silika 15 gr (perbandingan limbah dan silika 5:3). Apabila berat silika lebih sedikit dari berat optimum maka laju pelindihan semakin cepat karena adsorben terkikis oleh laju alir (terdegradasi). Jika silika banyak maka berat sampel menjadi banyak maka volume soklet menjadi semakin kecil, sehingga waktu siklus kondensasi semakin cepat. Hal ini menyakibatkan laju kondensasi semakin besar.

Tabel 3. Pengaruh perbandingan limbah dan silika terhadap laju pelindihan

	Perbandingan		Laju Pelindihan (1/cm ² .hari)
	Limbah (gr)	Silika (gr)	
1	25	5	4.598
2	25	10	3.631
3	25	15	2.861
4	25	20	4.691
5	25	25	4.663



Gambar 4. Hubungan berat silika dengan laju pelindihan

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa perlakuan immobilisasi terhadap adsorben dapat meningkatkan penyerapan logam sedangkan penambahan air tidak berpengaruh terhadap penyerapan logam.

Penurunan konsentrasi Cd paling rendah diperoleh pada perbandingan berat limbah fermentasi alkohol dan silika 5:2 dan laju pelindihan paling lambat diperoleh pada perbandingan limbah dan silika 5:3.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada para mahasiswa yang telah membantu penelitian ini Sri Setyo Hasari dan Lilian Hendrawati M.N.

DAFTAR PUSTAKA

- Brady, J. E. dan Holm, J. R., 1988, "Fundamentals of Chemistry", 3, 930-931, New York
- Jasmidi, Sugiharto, E., dan Mudjiran, 2001, "Storage and Condition of Biomass Influence to Biosorption of Lead (II) and Zinc(II) by *Saccharomyces cerevisiae* Biomass", Indonesian Journal of Chemistry, 1, 11-15
- Mamaril, J.C., Paner, E.T., dan Alpante, B. M., 1997, "Biosorption and Desorption Studies of Chromium (III) by Free and Immobilized

- Rhizobium (BJVr12) Cell Biomass”,
Biodegradation, 8, 275-285
- Mawardi, Sugiharto, E., Mudjiran, H., dan
Priambada, I.D., 1997, “Biosorpsi Timbal
oleh Biomassa *Saccharomyces
cerevisiae*”, BPPS, 20, 203-213
- Nur, A., Supranto, dan Rochmadi,
“Perbandingan Model Isotherm Biosorpsi
Cd Terlarut dalam Air dengan Biosorben
Aspergillus niger”, *Ekulibrium*, 1, 1, 2002,
16-21
- Raya., I., Narsito., dan Rusdiarso., B., 2001, “A
Kinetic Study of Aluminium (III) and
Chromium (III) Adsorption by *Chaetoceros
calcitrans* Biomass Immobilized on Silica
Gel”, *Indonesian Journal of Chemistry*, 1,
1-6
- Suhendrayatna, 2001, “Bioremoval Logam Berat
Dengan Menggunakan Microorganism :
Suatu Kajian Kepustakaan”, Seminar
Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21,
Sinergy Forum-PPI Tokyo Institute of
Technology
- Volesky, B., 1994, “Advances in Biosorption of
Metals : Selection of Biomass Type”,
FEMS Microbiology Reviews, 14, 291-302