



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA III

"Teori dan Aplikasi Sains dalam Isu Globalisasi Lingkungan, Profesionalisasi Pembelajaran dan Kewirausahaan"

Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS

Surakarta, 7 Mei 2011



MAKALAH PENDAMPING

KIMIA ANALITIK
(Kode : B-01)

ISBN : 978-979-1533-85-0

STUDI PENGGUNAAN EM4 (*Effective Microorganisms-4*) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM KADMIUM DITINJAU DARI pH LARUTAN DAN KADAR (v/v) ADSORBEN DALAM SAMPEL

JS. Sukardjo¹ dan Rika Setiana¹

¹Program Studi Pendidikan Kimia FKIP UNS Surakarta

Abstrak

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki (1) apakah *Effective Microorganisms-4* (EM4) dapat mengadsorb cadmium, (2) pengaruh pH dan berat adsorben (v/v) pada sampel terhadap proses adsorpsi cadmium oleh EM4 dan (3) kondisi optimal yang dapat dicapai pada proses adsorpsi cadmium oleh EM4. Penelitian ini menggunakan metode skala laboratorium, dimana sampel yang digunakan adalah larutan cadmium dengan konsentrasi awal 1 ppm sebanyak 20 mL dengan waktu kontak selama 1 minggu. Percobaan dilakukan dengan menggunakan variasi pH (2, 4, dan 6) dan variasi berat adsorben dalam sampel (v/v) yaitu 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100%. Hasil adsorpsi cadmium kemudian dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) pada panjang gelombang 338nm. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode Anava dan tabel. Dari percobaan dapat disimpulkan bahwa variasi pH dan jumlah berat adsorben dalam sampel berpengaruh pada proses adsorpsi cadmium oleh EM4 (*Effective Microorganisms-4*) dan kondisi optimal untuk proses adsorpsi cadmium oleh EM4 adalah pada pH 2-6 dengan jumlah adsorben di sampel sebesar 10%.

Kata kunci: EM4 (*Effective Microorganisms-4*), cadmium, pH, jumlah adsorben dalam sampe (v/v)

PENDAHULUAN

Kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah, hati dan ginjal. Pencemaran logam kadmium dapat bersumber dari beberapa industri antara lain industri baterai, industri pesawat terbang, pencelupan (industri tekstil), industri pengolahan ikan, elektroplating dan lain-lain. Logam berat ini bergabung bersama timbal dan merkuri sebagai *The Big Three Heavy Metal* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia (Suhendrayatna, 2002:6). Kadar logam kadmium yang diperbolehkan berada dalam lingkungan tidak lebih dari 1 ppm. Untuk itu sebelum dibuang ke lingkungan, hendaknya pemisahan logam berat dari limbah industri perlu dilakukan.

Pemisahan logam berat dari limbah industri dapat dilakukan secara fisika, kimia dan biologi (Gadd, 1992:59). Pemisahan secara fisika biasanya dilakukan dengan mekanisme adsorpsi menggunakan membran atau karbon aktif, distilasi, elektrodialisis dan lain-lain. Sedangkan secara kimia biasanya dilakukan dengan hidrolisis, pertukaran ion, pengendapan, ekstraksi pelarut dan lain-lain (Faison, 1992). Namun cara pemisahan ini dirasa kurang efektif dan efisien karena memerlukan biaya operasional yang mahal. Dewasa ini telah dikembangkan salah satu teknologi alternatif pemisahan logam berat dari limbah industri yang lebih murah, mudah dan ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan mikroorganisme sebagai penyerap logam berat (Suhendrayatna,2002:4).

Menurut Gadd (1992:59) mikroorganisme seperti khamir, jamur, bakteri dan alga dapat menyerap logam-logam berat dan radionuklida dari lingkungan eksternalnya. Proses penyerapan ini umumnya terdiri dari dua mekanisme yang melibatkan proses *active uptake* dan *passive uptake* (Suhendrayatna, 2002:8-9).

Passive uptake dikenal dengan istilah proses biosorpsi. Biosorpsi merupakan proses penyerapan logam, senyawa, partikulat, radionuklida dari larutan melalui interaksi fisika-kimia dengan menggunakan material biologi (Gadd, 1992:59). Proses penyerapan ini terjadi pada permukaan dinding sel. Proses ini terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara berbeda, pertama pertukaran ion dimana ion monovalen dan divalen seperti Na, Mg dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat; dan kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti karbonil, amino, thiol, hidroksi, fosfat, dan hidroksi-karboksil yang berada pada dinding sel. *Active uptake* dapat terjadi pada berbagai tipe sel hidup. Mekanisme ini secara simultan terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme atau intraselular ion logam tersebut.

EM4 (*Effective Microorganisms-4*) merupakan suatu kultur campuran berbagai mikroorganisme yang diisolasi dari tanah. Jumlah mikroorganisme di dalam EM4 sangat banyak sekitar 80 jenis, yang dapat dibagi dalam beberapa golongan utama yaitu bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp*), ragi/yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), *Actinomyces*, *Streptomyces*, bakteri fotosintetik dan jamur fermentasi.

Actinomyces dan *Streptomyces* tergolong bakteri gram positif, mempunyai dinding sel anionik yang tebal, berpori, yang cocok untuk

mengakumulasi logam (Hancock, 1995). *Actinomyces* dan *Streptomyces* merupakan mikroorganisme prokariotik. Dinding selnya mengandung komponen utama yaitu polimer peptidoglikan, asam teichoic, lipopolisakarida, lipid, protein. Komponen-komponen ini diketahui efektif sebagai zat penyerap logam berat dan radionuklida (Gadd, 1992). *Actinomyces* dan *Streptomyces* berkembang biak dengan baik pada kondisi lingkungan netral atau alkali (Alexander, 1977:42).

Bakteri asam laktat (*Lactobacillus spp*) sering dimanfaatkan untuk pembuatan yogurt. Bakteri ini dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH 3,8 sampai 4,4. Bakteri ini merupakan mikroorganisme prokariotik. Komposisi dinding selnya sama seperti *Actinomyces* dan *Streptomyces*.

Saccharomyces cerevisiae merupakan salah satu jenis khamir. Khamir adalah mikroorganisme eukariotik bersel tunggal yang tidak berfotosintesis. Hancock (1996) melaporkan komposisi dinding sel *Saccharomyces cerevisiae* terdiri dari α -manan dan β -glukan, protein, lipid, khitin dan khitosan. Vales dan Sagar dalam Gadd (1992) menyatakan bahwa Khitosan dan turunan khitin yang lain juga mempunyai kemampuan untuk menyerap logam berat secara signifikan. Mikroorganisme ini dapat bertahan hidup dan berkembang biak dengan baik pada kondisi pH lingkungan yang mendekati netral.

Jamur fermentasi seperti *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* juga diketahui dapat menyerap logam berat. Ini karena dinding selnya sebagian besar mengandung khitin. Jamur-jamur fermentasi ini dapat berkembang biak pada kisaran pH yang lebih luas, dari kondisi yang sangat asam sampai kondisi yang sangat basa. Jamur ini berkembang pada pH 2-3 dan beberapa spesiesnya masih aktif pada pH 9 atau di atasnya (Alexander, 1977:56).

Bakteri fotosintetik adalah mikroorganisme yang mandiri dan swasembada. Bakteri ini membentuk senyawa-senyawa yang bermanfaat dari sekresi akar-akar tumbuhan, bahan organik dan atau gas-gas berbahaya (misalnya hidrogen sulfida), dengan menggunakan sinar matahari dan panas bumi sebagai sumber energi. Zat-zat bermanfaat tersebut meliputi asam amino, asam nukleik, zat-zat bioaktif dan gula.

EM4 (*effective microorganisms 4*) biasanya digunakan untuk memperbaiki sifat tanah, mempercepat proses fermentasi pada pembuatan kompos, mempercepat penguraian limbah organik dan lain-lain. Namun pada berbagai penelitian yang dilakukan terpisah diketahui bahwa mikroorganisme yang terkandung dalam EM4 (*effective microorganisms 4*) diketahui memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyerap logam berat. *Saccharomyces cerevisiae* (yeast) yang terdapat pada ragi tape berdasarkan penelitian Rafflesia Eny (2002) dan Bakti Mulyani (2003) mampu menyerap logam krom, tembaga dan seng. Genus *Streptomyces* dari *Actinomycetes* juga diketahui memiliki tingkat penyerapan yang tinggi terhadap logam kadmium (Hancock, 1996). Beberapa jamur fermentasi misalnya *Aspergillus oryzae* mampu menyerap logam tembaga (Suhendrayatna, 2002:10).

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis mencoba mengadakan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui : (1) apakah EM4 (*Effective Microorganisms-4*) dapat menyerap logam kadmium (2) pengaruh pH larutan dan

kadar (v/v) adsorben dalam sampel terhadap proses penyerapan logam kadmium oleh EM4 (*Effective Microorganisms-4*) dan (3) kondisi optimal yang dapat dicapai pada proses penyerapan logam kadmium oleh EM4 (*Effective Microorganisms-4*).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium. Sampel diambil secara *non random sampling*. Sampel yang digunakan adalah larutan kadmium yang dibuat di laboratorium. Sebanyak 20mL larutan kadmium 1 ppm diatur pada pH 2, 4, 6. Menambahkan EM4 (*Effective Microorganisms-4*) dengan volume 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, dan 20mL. Mendinginkan larutan tersebut selama 1 minggu. Memisahkan kotoran yang ada dengan menggunakan sentrifuge 2500rpm selama 30 menit. Mengukur konsentrasi larutan yang telah bersih dengan AAS pada panjang gelombang 338nm. Data yang didapat kemudian dianalisis menggunakan Anava dan metode grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Serapan kadmium oleh EM4 (*Effective Microorganisms-4*) pada variasi pH larutan dan kadar (v/v) adsorben dalam sampel dapat dilihat pada tabel 1, 2 dan 3 berikut ini :

Tabel 1. Pengaruh pH Larutan dan Pengaruh Kadar (v/v) Adsorben EM4 (*effective Microorganisms-4*) dalam Sampel Terhadap Serapan Kadmium (untuk 20 mL larutan kadmium 1 ppm ; pH 2 ; waktu kontak 1 minggu)

Kadar (v/v) adsorben dalam sampel (%)	Konsentrasi sisa (ppm)	Konsentrasi terserap (ppm)	Serapan (mg/L)
10	0,097	0,903	9,027

20	0,092	0,908	4,538
30	0,074	0,926	3,087
40	0,073	0,927	2,318
50	0,072	0,928	1,855
60	0,069	0,931	1,551
70	0,061	0,939	1,342
80	0,072	0,928	1,159
90	0,041	0,959	1,065
100	0,015	0,985	0,985

Tabel 2. Pengaruh pH Larutan dan Pengaruh Kadar (v/v) Adsorben EM4 (*effective Microorganisms-4*) dalam Sampel Terhadap Serapan Kadmium (untuk 20 mL larutan kadmium 1 ppm ; pH 4 ; waktu kontak 1 minggu)

Kadar (v/v) adsorben dalam sampel (%)	Konsentrasi sisa (ppm)	Konsentrasi terserap (ppm)	Serapan (mg/L)
10	0,148	0,852	8,524
20	0,152	0,848	4,239
30	0,156	0,844	2,815
40	0,145	0,855	2,137
50	0,137	0,863	1,727
60	0,102	0,898	1,496
70	0,126	0,874	1,249
80	0,116	0,884	1,106
90	0,114	0,886	0,985
100	0,117	0,883	0,882

Tabel 3. Pengaruh pH Larutan dan Pengaruh Kadar (v/v) Adsorben EM4 (*effective Microorganisms-4*) dalam Sampel Terhadap Serapan Kadmium (untuk 20 mL larutan kadmium 1 ppm ; pH 6 ; waktu kontak 1 minggu)

Kadar (v/v) adsorben dalam sampel (%)	Konsentrasi sisa (ppm)	Konsentrasi terserap (ppm)	Serapan (mg/L)
10	0,135	0,865	8,651
20	0,109	0,891	4,456
30	0,101	0,899	2,995
40	0,127	0,873	2,184
50	0,083	0,917	1,835
60	0,084	0,916	1,526
70	0,093	0,907	1,295
80	0,086	0,914	1,143
90	0,039	0,961	1,067
100	0,107	0,964	0,964

Keterangan :

- Konsentrasi terserap = konsentrasi awal – konsentrasi sisa

$$\text{Serapan}(\text{mg} / \text{L}) = \frac{\text{volume sampel} \times \text{konsentrasi terserap}}{\text{volume EM4}}$$

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa banyak faktor yang berpengaruh terhadap efisiensi penyerapan mikroorganisme terhadap logam berat. Pengaruh ini dapat dilihat dari dua sisi yaitu dari biomassa yang menyerap dan dari logam berat yang diserap. Pengaruh biomassa dan logam berat secara terpadu terhadap efisiensi penyerapan dipengaruhi oleh : keseimbangan biomassa dan konsentrasi awal larutan, pH larutan, waktu kontak dan adanya ion lain (Gadd, 1992:62). Pada penelitian ini faktor-faktor yang akan diteliti adalah pengaruh pH larutan kadmium dan kadar (v/v) adsorben dalam sampel .

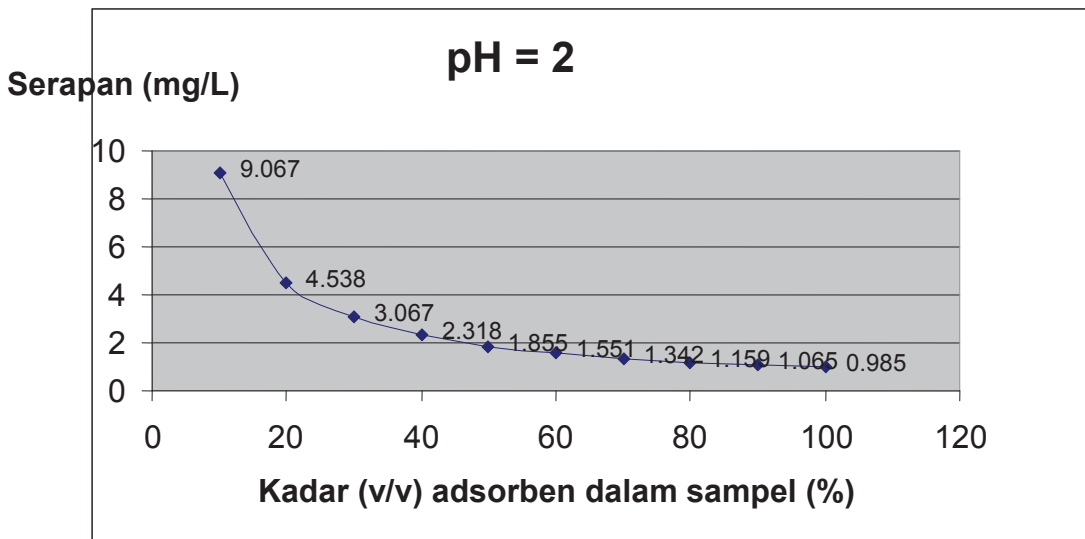
Konsentrasi awal larutan kadmium yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 ppm. Hal ini karena jenis mikroorganisme yang terkandung dalam EM4 (*Effective Microorganisms-4*) merupakan jenis mikroorganisme tanah, sedangkan jumlah normal kadmium di dalam tanah berdasarkan literatur berada di bawah 1 ppm, sehingga mikroorganisme dalam EM4 (*Effective Microorganisms-4*) dapat berkembang biak dengan baik.

Waktu kontak antara EM4 (*Effective Microorganisms-4*) dan ion-ion logam yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 minggu. EM4 (*Effective Microorganisms-4*) biasanya digunakan sebagai bahan campuran pada proses pengomposan. Dalam proses pengomposan, waktu 1 minggu adalah waktu yang optimal. Berdasarkan hal tersebut EM4 (*Effective Microorganisms-4*) perlu dikontakkan selama 1 minggu dengan larutan kadmium agar proses penyerapan dapat optimal.

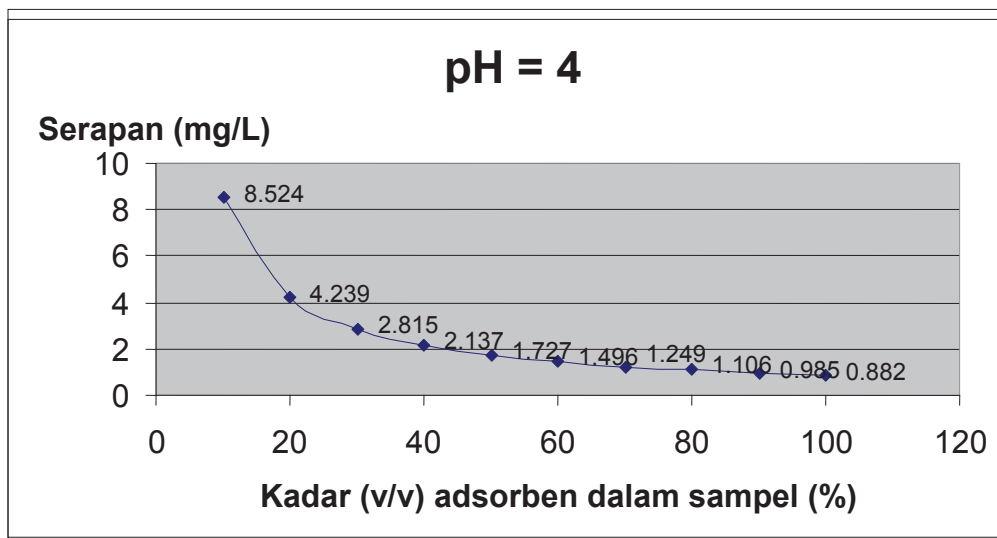
Dari data yang diperoleh pada eksperimen, selanjutnya diolah dengan Anava dan diuji dengan uji Newman–Kenls serta dengan melihat grafik ternyata dengan adanya variasi pH larutan dan kadar (v/v) adsorben dalam sampel menyebabkan perbedaan serapan kadmium oleh

EM4 (*Effective Microorganisms-4*). Dan dapat diketahui pula bahwa pada pH 2 dan kadar (v/v) adsorben dalam sampel sebesar 10% memberikan serapan kadmium pada panjang gelombang 338 nm yang paling besar yaitu sebesar 9,027 mg/L dan memberikan perbedaan perlakuan yang tinggi dan nyata bila dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini dimungkinkan pada perlakuan tersebut proses penyerapan kadmium oleh EM4 (*Effective Microorganisms-4*) telah mencapai kondisi yang optimal.

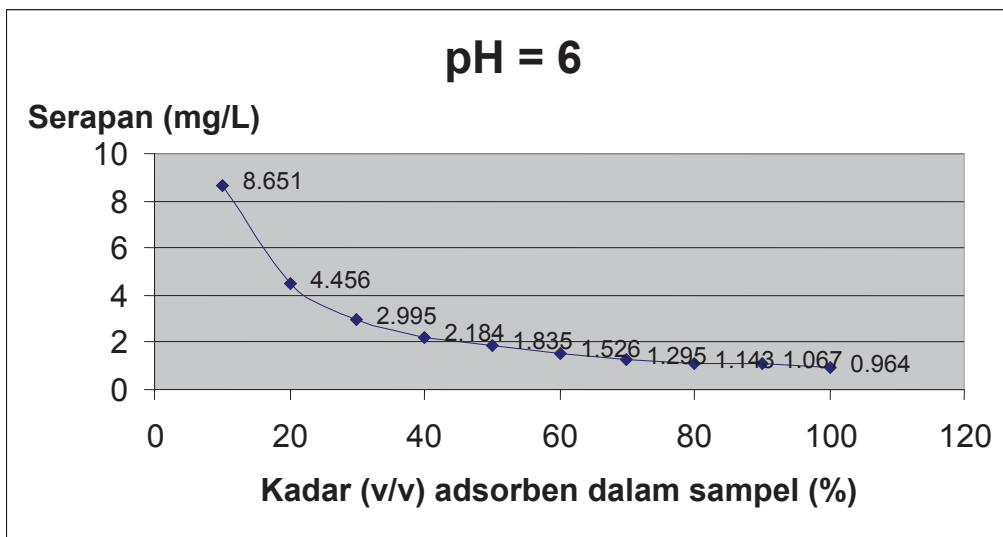
Kemudian data yang diperoleh dianalisis dengan metode grafik, seperti tampak pada gambar 1, 2 dan 3 berikut ini :



Gambar 1. Grafik Pengaruh pH Larutan dan Pengaruh Kadar (v/v) Adsorben EM4 (*effective Microorganisms-4*) dalam Sampel Terhadap Serapan Kadmium

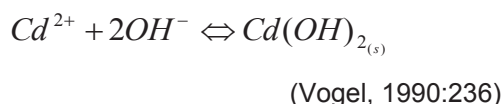


Gambar 2. Grafik Pengaruh pH Larutan dan Pengaruh Kadar (v/v) Adsorben EM4 (*effective Microorganisms-4*) dalam Sampel Terhadap Serapan Kadmium



Gambar 3. Grafik Pengaruh pH Larutan dan Pengaruh Kadar (v/v) Adsorben EM4 (*effective Microorganisms-4*) dalam Sampel Terhadap Serapan Kadmium

Grafik di atas menunjukkan bahwa proses penyerapan kadmium oleh EM4 (*Effective Microorganisms-4*) pada panjang gelombang 338 nm yang optimal terjadi pada rentang pH 2 – 6 dan kadar (v/v) adsorben dalam sampel 10% yaitu sebesar 9,027 mg/L; 8,524 mg/L dan 8,651 mg/L. Hal ini dimungkinkan karena mikroorganisme yang terdapat dalam EM4 (*Effective Microorganisms-4*) dapat berkembang biak dengan baik pada rentang pH 2 – 6. Dalam literatur dijelaskan bahwa jamur-jamur fermentasi seperti *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium* dan sebagainya dapat berkembang biak dengan baik pada pH yang berkisar antara 2-3. *Lactobacillus spp* dapat berkembang biak pada pH antara 3,8 – 4,4. Sedangkan *Actinomyces*, *Streptomyces*, ragi/yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) dapat bertahan hidup pada kisaran pH mendekati netral. Percobaan tidak dilakukan pada variasi pH diatas 6 karena larutan kadmium dengan penambahan ion hidroksida akan membentuk endapan putih kadmium hidroksida. Endapan ini tidak larut dalam reagensia berlebihan.



Penyerapan kadmium pada panjang gelombang 338 nm yang optimal juga didapatkan pada kadar (v/v) adsorben dalam sampel sebesar 10%. Berdasarkan pernyataan Gadd (1992:70), bahwa faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penyerapan logam berat pada dinding sel adalah karena kerapatan biomassa dalam larutan. Untuk itu, pada penelitian ini ketika kadar (v/v) adsorben dalam sampel sebesar 10%, kerapatan sel mikroorganisme dalam larutan sudah sempurna sehingga menghasilkan interaksi yang efektif antara ion logam dengan situs aktif pada dinding sel biomassa. Akibatnya, pada saat kadar (v/v) adsorben dalam sampel diperbesar sehingga jumlah biomassa menjadi besar pula, perbandingan tersebut tidak lagi dipenuhi, hal ini berpengaruh terhadap efektifitas penyerapan ion logam kadmium oleh EM4 (*Effective Microorganisms-4*).

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut : (1) EM4 (*Effective Microorganisms-4*) dapat menyerap logam kadmium (2) pH larutan dan kadar (v/v) adsorben

dalam sampel berpengaruh terhadap proses penyerapan logam kadmium oleh EM4 (*Effective Microorganisms-4*) dan (3) Kondisi optimal yang dapat dicapai pada proses penyerapan logam kadmium oleh EM4 (*Effective Microorganisms-4*) adalah pada rentang pH 2 – 6 dengan kadar (v/v) adsorben dalam sampel sebesar 10%.

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan maka dapat disarankan bahwa perlu dilakukan penelitian lebih lanjut (1) dengan variasi waktu kontak dan konsentrasi awal larutan (2) menggunakan sampel nyata berupa limbah cair yang mengandung kadmium (3) menggunakan logam yang berbeda (4) tentang mekanisme penyerapan logam kadmium oleh EM4 (*Effective Microorganisms-4*) dan (5) tentang cara memisahkan logam kadmium yang telah diserap oleh EM4 (*Effective Microorganisms-4*).

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, Martin. 1977. *Introduction to soil Microbiology : Second Edition*. USA : John Wiley & Sons Inc.
- Bakti Mulyani, dkk. 2003. *Studi Penyerapan Krom, Tembaga, dan Seng oleh Saccharomyces cerevisiae pada Ragi Tape*. Laporan Penelitian Kelompok. Surakarta : Universitas Sebelas maret.
- Black, Jacquelyn G. 1999. *Microbiology : Principles and Explorations, Fourth Edition*. New Jersey : Prentice Hall.
- Gadd, Geoffrey M. 1992. *Heavy Metal Pollutants : Environmental and Biotechnological Aspects*. Encyclopedia of Microbiology. Volume 2. Academic Press.
- _____. 1992. *Microbial Control of Heavy Metal Pollution, In Microbial Control of Pollution*. Society for General Microbiology Symposium. UK : Cambridge University Press.
- Hancock, I. C. 1996a. *Bioremediation of Heavy Metal Pollution-Possibilities and Practicalities, The Current Position*. In Symposium and Workshop on Heavy Metal Bioaccumulation. September 1996. Yogyakarta : IUC Biotechnology Gadjah Mada University.
- _____. 1996b. *Novel Concepts in Bioremediation of metal Pollution an in Biotreatment of Industrial Waste*. In Symposium and Workshop on Heavy Metal Bioaccumulation. September 1996. Yogyakarta : IUC Biotechnology Gadjah Mada University.
- _____. 1996c. *Mechanisms of Passive Sorption of Heavy Metals by Biomass and Biological Products*. In Symposium and Workshop on Heavy Metal Bioaccumulation. September 1996. Yogyakarta : IUC Biotechnology Gadjah Mada University.
- _____. 1996d. *Case Study : The Development of bacterial Biosorption Process for Removal of Cadmium from Waste and Its Recovery by Elution and Electrolysis*. In Symposium and Workshop on Heavy Metal Bioaccumulation. September 1996. Yogyakarta : IUC Biotechnology Gadjah Mada University.
- Heryando Palar, 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Indriyani, Y. H. 1999. *Membuat Kompos Secara Kilat*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- R. Eny Kurniawati. 2002. *Biosorpsi Seng oleh Biomassa Saccharomyces cerevisiae dalam Ragi Tape di Pasaran*. Seminar Program Kimia FKIP. Surakarta : Universitas sebelas Maret.
- Suhendrayatna. 2002. *Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme : Suatu kajian kepustakaan (Heavy metal Bioremoval by microorganism : A Literature Study)*. Applied Chemistry and Chemical Engineering 1. 21-40.
- Vogel. 1990. *Buku teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Terjemahan : L. Setiono dan A. Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta : Kalman Media Pusaka.