

Perubahan Kadar Logam Berat Krom (Cr) pada Limbah Cair Industri Elektroplating Pasca Penambahan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas fluorescens*

The Alteration of Heavy Metal of Chromium (Cr) After The Addition of *Pseudomonas Aeruginosa* and *Pseudomonas Fluorescens* in Electroplating Industry Wastewater

Mardiyono¹, Ratno Agung Samsumaharto²
¹Fakultas Farmasi Universitas Setia Budi Surakarta
²Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Setia Budi Surakarta

ABSTRAK

Industri elektroplating merupakan penghasil limbah logam berat yang dihasilkan terutama dari proses pelapisannya. Logam-logam berat ini jika dibuang langsung ke perairan bebas akan menyebabkan pencemaran air.

Penelitian ini bertujuan menurunkan/menghilangkan logam berat krom (Cr) pada limbah cair industri elektroplating dengan cara mengolahnya menggunakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas fluorescens*, sebelum limbah cair industri elektroplating tersebut dibuang ke perairan bebas.

Langkah pertama pada penelitian ini adalah melakukan analisis kualitatif untuk memastikan adanya logam-logam berat yang terdapat pada limbah cair industri elektroplating dengan metode reaksi kimia maupun dengan spektrofotometri serapan atom (SSA). Hasil analisa kualitatif menunjukkan bahwa pada limbah cair industri elektroplating positif mengandung logam Cr.

Penurunan atau penghilangan logam berat Cr pada limbah cair industri elektroplating dilakukan di laboratorium dengan menambahkan mikroba jenis bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas fluorescens*. Kadar logam-logam berat sebelum dan sesudah diberi perlakuan dengan penambahan mikroba ditetapkan dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA). Setelah penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas fluorescens* dengan variasi volume 0 ml, 5 ml, 10 ml, 15 ml, dan 20 ml; dan waktu pemeraman 72 jam (3 hari), maka diperoleh persentase penurunan paling baik untuk Cr dengan penambahan *Pseudomonas fluorescens* 20 ml, prosentase penurunannya 27,40%

Kata kunci: penurunan atau penghilangan, logam berat, limbah cair elektroplating, mikroba, SSA

ABSTRACT

Electroplating industry produce the heavy metal waste which generated primarily from the coating process. These heavy metals will cause water pollution when discharged directly into open water.

The purpose of this research is to decreasing or reducing the heavy metal of Chromium (Cr) in wastewater of electroplating industry by processing it using *Pseudomonas aeruginosa* and *Pseudomonas fluorescens*, before the wastewater was discarded to the water areas.

First, we conducted the qualitative analysis to ensure the existance of heavy metals in electroplating industry wastewater using the chemical reaction methods and Atomic Adsorption Spectrofotometric (AAS). The qualitative analysis showed that the electroplating industry wastewater were contained with Chromium metal.

The reduction of Chromium was done in the laboratory by adding the microbes such as *Pseudomonas aeruginosa* and *Pseudomonas fluorescens*. After the addition of two microbes with volume variation (0 ml, 5 ml, 10 ml, 15 ml, and 20 ml) and steeping time (72 hours), the most decreasing procentage is with the addition of *Pseudomonas fluorescens* 20 ml (27,40%).

Keywords : reduction, heavy metal, electroplating wastewater, microbes, AAS

PENDAHULUAN

Menurut UU RI Nomor 32 tahun 2009, yang dimaksud limbah, adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disebut B3 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung

B3. Bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disingkat B3 adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan

hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia, serta makhluk hidup lain.

Industri elektroplating merupakan penghasil limbah logam berat, yang dihasilkan terutama dari proses pelapisannya. Logam-logam berat ini jika dibuang langsung ke perairan bebas akan menyebabkan pencemaran air.

Menurut Chandra Dewi (1999), teknik pengolahan limbah cair pada umumnya ada tiga cara, yaitu : pengolahan secara fisika, kimia, dan biologi. Salah satu metode pengolahan limbah secara biologi adalah dengan alternatif pengolahan limbah yang berbasis bioteknologi.

Bioremediasi merupakan proses penggunaan mikroba atau tanaman untuk menawarkan racun polutan di lingkungan. Contoh dari proses bioremediasi adalah biodegradasi. Keuntungan dari proses bioremediasi adalah tidak berbahaya, lebih murah biayanya dan tidak berdampak pada lingkungan karena tidak menghasilkan bahan sisa (Nugroho, 2001).

Perlu ada tindakan yang nyata, mudah, dan efisien dalam penanganan limbah cair industri pada umumnya dan industri elektroplating khususnya, sebelum dibuang ke perairan bebas. Menurut Octaviani, (2005), bahwa mikroba ragi *Yarrowia lipolytica* mampu hidup dengan baik dalam media yang mengandung ion kadmium (Cd) hingga 200 ppm. Dalam waktu inkubasi 10 jam pada limbah yang mengandung kadmium, ragi *Yarrowia lipolytica* dapat mengabsorpsi kadmium sebesar 50%. Penelitian yang dilakukan oleh Pamungkas (2006), menyimpulkan bahwa mikroba bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dapat menurunkan kadar logam tembaga (Cu) yang terdapat pada limbah cair industri elektroplating sebesar 81,3%.

Dari penelitian Mardiyono dkk.(2006), tentang reduksi logam berat krom(VI) pada limbah cair industri tekstil dengan beberapa bakteri, di antaranya *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, dan *Klebsiella pneumonia*, didapatkan bahwa bakteri-bakteri tersebut dapat menurunkan kadar krom(VI). Mardiyono dkk.(2009), juga telah melakukan penelitian mengenai reduksi logam berat krom pada limbah cair industri tekstil

dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Hasilnya, *Saccharomyces cerevisiae* dapat mereduksi krom(VI). Hasil-hasil penelitian tersebut, menunjukkan bahwa bakteri dan jamur dapat menurunkan kandungan logam berat krom (VI) yang ada dalam limbah cair khususnya limbah cair industri tekstil.

Berangkat dari hasil penelitian tersebut, akan dilakukan penelitian untuk menghilangkan/ menurunkan logam-logam berat yang terkandung dalam limbah cair industri elektroplating dengan memanfaatkan mikroba jenis bakteri terpilih di antara mikroba yang telah dicoba sebelumnya pada berbagai limbah cair, sebelum limbah cair industri elektroplating dibuang ke perairan bebas.

METODE PENELITIAN

Alat

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), Erlenmeyer 100 ml dan 250 ml, pipet ukur 25 ml, labu ukur 100 ml dan 500 ml, corong gelas, pemanas listrik, kertas saring Whatman 40 dengan ukuran pori diameter 0,42 μm , labu semprot, jerigen 10 liter, entkas, vial.

Bahan

Sediaan mikroba *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas fluorescens*, air suling, air limbah industri pelapisan logam, HNO_3 pekat, larutan standar logam berat Cr.

Prosedur Penelitian

Pengambilan sampel

Sampel limbah cair industri pelapisan logam diambil dengan menggunakan jerigen dari *outlet* pembuangan akhir limbah cair industri pelapisan logam yang ada di Mojosongo, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah.

Pembuatan larutan induk logam berat krom (Cr) 1000 mg/L

Serbuk logam berat Cr ditimbang dengan seksama sebanyak 0,5 g dan dimasukkan kedalam labu takar 500 ml kemudian dilarutkan dengan HNO_3 pekat 2 ml lalu dihomogenkan terakhir ditambahkan aquabidestilata sampai tanda batas.

Pembuatan larutan baku logam berat (Cr) 10 mg/L

Larutan induk logam-logam berat dipipet 5 ml, dimasukkan ke dalam labu takar 500 ml kemudian ditambah aquabidestilata sampai tanda batas

Pembuatan larutan kerja logam berat Cr

Larutan logam berat Cr dipipet 2 ml; 4 ml; 6 ml; 8 ml dan 10 ml dari larutan baku, kemudian masing-masing dimasukkan kedalam labu takar 100 ml, dan ditambah aquabidestilata sampai tepat tanda batas sehingga diperoleh konsentrasi logam Cr 0,2 mg/L ; 0,4 mg/L ; 0,6 mg/L ; 0,8 mg/L dan 1,0 mg/L.

Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

Alat Spektrofotometer Serapan Atom dioptimalkan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat, lalu larutan baku disiapkan satu persatu ke dalam alat SSA kemudian dicatat serapan masuknya pada panjang gelombang sesuai dengan panjang gelombang maksimum, selanjutnya dibuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi antara konsentrasi dan absorbansi.

Persiapan sampel awal uji

Sampel awal uji yang sudah dikocok sampai homogen dimasukkan ke dalam Erlenmeyer sebanyak 200 ml. lalu ditambahkan HNO₃ pekat sebanyak 5 ml dan dipanaskan di pemanas listrik sampai larutan sampel uji hampir kering kemudian ditambahkan aquabidestilata sebanyak 50 ml dan dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml melalui kertas saring dan ditepatkan 100 ml dengan aquabidestilata.

Pembuatan suspensi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas fluorescens*

Bakteri biakan murni *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas fluorescens* pada masing-masing medium diambil 2-3 ose dimasukkan dalam 100 ml media BHI, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam.

Pemberian bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas fluorescens* pada sampel

Sampel dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml sebanyak 200 ml. Masing-masing diberi perlakuan dengan penambahan bakteri uji

sebanyak (ml): 0,0; 1,0; 5,0; 10,0; 15,0 dan 20,0 lalu diinkubasi selama 3 x 24 jam, pH 7,4 ± 0,2; suhu 37°C dan kemudian ditetapkan kembali kadar logam beratnya.

Pengujian sampel tanpa penambahan bakteri uji

Sampel awal uji dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml sebanyak 200 ml, lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama 3 x 24 jam. Sampel yang telah diinkubasi disentrifuge terlebih dahulu dengan kecepatan 2000 rpm selama 10 menit lalu ditambahkan HNO₃ pekat sebanyak 5 ml dan dipanaskan di pemanas listrik sampai larutan sampel uji hampir kering, kemudian ditambahkan aquabidestilata sebanyak 50 ml dan dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml melalui kertas saring Whatman dan ditepatkan 100 ml dengan aquabidestilata. Larutan uji kemudian dipindahkan ke dalam vial. Larutan uji tersebut siap diuji menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom.

Pengujian setelah masa inkubasi

Sampel yang telah diinkubasi disentrifuge terlebih dahulu dengan kecepatan 2000 rpm selama 10 menit dan diambil fitratnya. Disaring dengan kertas Whatman kemudian ditambah HNO₃ pekat sebanyak 5 ml kemudian dipanaskan di pemanas listrik sampai larutan sampel uji hampir kering, selanjutnya ditambahkan 50 ml air suling, lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml melalui kertas saring dan ditepatkan 100 ml dengan air suling. Terakhir larutan dipindahkan ke vial, siap ditetapkan absorbansinya dengan SSA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Uji Kualitatif terhadap Kandungan Logam Berat.

Uji kualitatif terhadap kandungan logam berat yang terdapat pada limbah cair industri Elektroplating disajikan pada Tabel 1.

2. Hasil Penentuan Kadar dan Prosentase Penurunan Cr.

Hasil penelitian kadar Cr pada sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

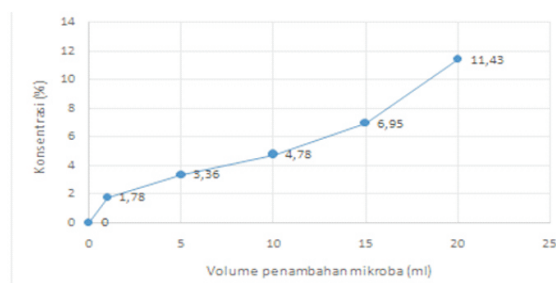
Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disajikan hasil prosentase penurunan konsentrasi Cr dengan variasi volume bakteri pada gambar 1 dan 2.

Tabel 1. Data Identifikasi kualitatif terhadap Kandungan Logam Berat

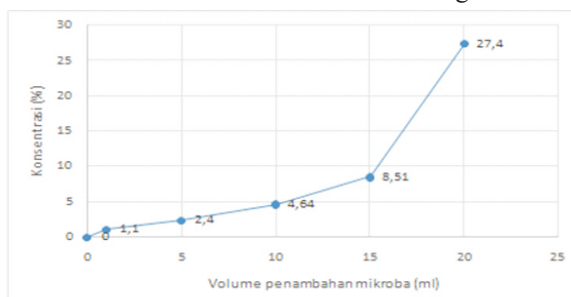
No.	Uji kualitatif	Pengamatan	Kandungan logam berat
1.	Sampel limbah + HNO ₃ pekat + 1,5 difenil karbazida	Terbentuk larutan berwarna ungu kemerahan	Cr

Tabel 2. Data Penurunan Konsentrasi Cr oleh *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas fluorescens*

No	Nama Bakteri	Volume Bakteri (ml)	Absorbansi	Rata-rata Absorbansi	Konsentrasi (ppm)	Rata-rata Konsentrasi (ppm)	Penurunan (ppm)	Rata-rata Penurunan (ppm)	% Penurunan	Rata-rata % Penurunan
1	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0.2232	0.2251	4.1104	4.1451	0.0347	0.0000	0.8363	0.00
			0.2258		4.1578		-0.0127		-0.3072	
			0.2263		4.1670		-0.0219		-0.5291	
		1	0.2221	0.2218	4.0512	4.0713	0.0939	0.0738	2.2645	1.78
			0.2218		4.0801		0.0650		1.5673	
			0.2215		4.0826		0.0625		1.5070	
		5	0.2201	0.2192	4.0041	4.0057	0.1410	0.1393	3.4008	3.36
			0.2196		4.0128		0.1323		3.1909	
			0.2180		4.0003		0.1448		3.4925	
		10	0.2139	0.2142	3.9408	3.9469	0.2043	0.1982	4.9279	4.78
			0.2164		3.9864		0.1587		3.8278	
			0.2124		3.9134		0.2317		5.5890	
		15	0.2086	0.2093	3.8441	3.8569	0.3010	0.2882	7.2608	6.95
			0.2087		3.8459		0.2992		7.2174	
			0.2106		3.8806		0.2645		6.3803	
		20	0.1972	0.1991	3.6361	3.6714	0.5090	0.4737	12.2789	11.43
			0.2004		3.6945		0.4506		10.8699	
			0.1998		3.6835		0.4616		11.1353	
2	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0	0.2232	0.2251	4.1104	4.1451	0.0347	0.0000	0.8363	0.00
			0.2258		4.1578		-0.0127		-0.3072	
			0.2263		4.1670		-0.0219		-0.5291	
		1	0.2214	0.2215	4.0981	4.0996	0.0470	0.0454	1.1331	1.10
			0.2221		4.0846		0.0605		1.4588	
			0.2209		4.1162		0.0289		0.6964	
		5	0.2199	0.2194	4.0712	4.0457	0.0739	0.0994	1.7820	2.40
			0.2204		4.0447		0.1004		2.4214	
			0.2179		4.0212		0.1239		2.9883	
		10	0.2131	0.2146	3.9262	3.9529	0.2189	0.1921	5.2802	4.64
			0.2158		3.9754		0.1697		4.0932	
			0.2148		3.9572		0.1879		4.5323	
		15	0.2067	0.2058	3.8094	3.7924	0.3357	0.3527	8.0980	8.51
			0.2051		3.7802		0.3649		8.8024	
			0.2055		3.7875		0.3576		8.6263	
		20	0.1621	0.1628	2.9958	3.0092	1.1493	1.1359	27.7261	27.40
			0.1638		3.0268		1.1183		26.9783	
			0.1626		3.0049		1.1402		27.5066	



Gambar 1. Grafik Prosentase Penurunan Konsentrasi Cr dengan *Pseudomonas aeruginosa*



Gambar 2. Grafik Prosentase Penurunan Konsentrasi Cr dengan *Pseudomonas fluorescens*

Pembahasan

Dari tabel 1 terlihat bahwa sampel limbah cair industri pelapisan logam mengandung logam berat krom (Cr). Dari tabel 2 dapat disimpulkan bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas fluorescens* dapat menurunkan kadar logam berat krom (Cr) yang terdapat pada limbah cair industri pelapisan logam tersebut.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh volume penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas fluorescens* pada penelitian ini digunakan uji hipotesis ANAVA dua jalan karena adanya dua faktor yang mempengaruhi besarnya konsentrasi Cr, yaitu volume bakteri dan jenis bakteri yang digunakan untuk menurunkan kadar Cr. Uji prasyarat yang perlu dilakukan sebelum melakukan uji ANAVA dua jalan ini adalah uji homogenitas dan uji normalitas. Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah data penelitian homogen atau variansnya sama. Varians disebut homogen jika memiliki nilai signifikansi lebih dari 0,05. Uji homogenitas varians dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai signifikansi pada uji homogenitas adalah

sebesar 0,062 (lebih dari 0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa varians yang ada pada data konsentrasi Cr adalah sama atau homogen.

Uji prasyarat berikutnya adalah uji normalitas, digunakan untuk mengetahui sebaran nilai dari variabel tergantung mengikuti distribusi kurva normal atau tidak. Uji normalitas penelitian ini dilakukan dengan teknik Kolmogorov-Smirnow, di mana data yang dinyatakan berdistribusi normal jika signifikansinya lebih besar dari 0,05. Hasil uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa nilai Kolmogorov-Smirnov adalah sebesar 1,176 dengan signifikansi 0,126 (lebih besar dari 0,05). Berdasarkan nilai signifikansi tersebut, dapat dikatakan bahwa data konsentrasi Cr berdistribusi normal.

Uji hipotesis yang digunakan adalah ANAVA dua jalan, karena konsentrasi Cr dipengaruhi oleh dua faktor yaitu volume bakteri dan jenis bakteri yang digunakan. Kriteria ujinya adalah bila nilai signifikansi (sig.) lebih kecil dari 0,05 maka disimpulkan ada beda konsentrasi Cr yang nyata. Hasil analisis disajikan pada Tabel 5

Tabel 3. Uji homogenitas varians Cr
Levene's Test of Equality of Error Variances^a
Dependent Variable: KONSENTRASI1

F	df1	df2	Sig.
2.168	23	48	.062

Tabel 4. Uji normalitas Cr
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		KONSENTRASI 1
N		72
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	3.874556
	Std. Deviation	.2691860
Most Extreme Differences	Absolute	.139
	Positive	.139
	Negative	-.131
Kolmogorov-Smirnov Z		1.176
Asymp. Sig. (2-tailed)		.126

Tabel 5. Hasil Analisis Anava Dua Jalan Konsentrasi Cr
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Konsentrasi (ppm)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.508 ^a	11	.410	1.656	.146
Intercept	523.084	1	523.084	2114.384	.000
BAKTERI	.030	1	.030	.122	.730
VOLUME	2.340	5	.468	1.892	.133
BAKTERI * VOLUME	2.137	5	.427	1.728	.167
Error	5.937	24	.247		
Total	533.529	36			
Corrected Total	10.445	35			

a. R Squared = .432 (Adjusted R Squared = .171)

Terlihat pada faktor Bakteri yang digunakan, nilai signifikansinya sebesar 0,730. Nilai ini lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan konsentrasi Cr di antara Bakteri yang diteliti. Pada faktor Volume bakteri, nilai signifikansinya sebesar 0,133. Nilai ini lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan tidak ada perbedaan konsentrasi Cr pada Volume bakteri yang diteliti. Pada interaksi antara Bakteri dan Volume bakteri yang digunakan (tertulis Mikroba*Volume) terlihat nilai signifikansinya sebesar 0,167. Nilai ini lebih besar dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan tidak ada interaksi yang nyata antara Bakteri dan Volume bakteri yang diteliti. Oleh karena pada uji ANOVA dua jalan didapatkan kesimpulan tidak ada beda nyata, maka tidak perlu dilakukan uji lanjutan (*Post Hoc Test*) pada faktor Bakteri dan Volume bakteri. Grafik kadar Cr antara Bakteri dan Volume bakteri dapat dilihat pada grafik Gambar 3.

Seperti terlihat pada hasil penelitian bahwa penurunan kadar Cr dengan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* paling tinggi sebesar 11,43 % pada volume penambahan 20 mL, sedangkan dengan penambahan *Pseudomonas fluorescens* prosentase penurunan tertingginya pada volume penambahan 20 mL yaitu sebesar 27,40 %

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Sampel limbah cair industri pelapisan logam di Palur, Karanganyar, Surakarta positif mengandung logam berat krom (Cr).

2. Kadar logam berat Cr pada limbah cair industri pelapisan logam dapat diturunkan kadarnya menggunakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas fluorescens*.

3. Pada penambahan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, dengan variasi volume 0 ml, 1 ml, 5 ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml dan waktu pemeraman 72 jam (3 hari), maka diperoleh persentase penurunan paling baik dengan penambahan *Pseudomonas fluorescens* 20 ml, penurunannya 27,40 %.

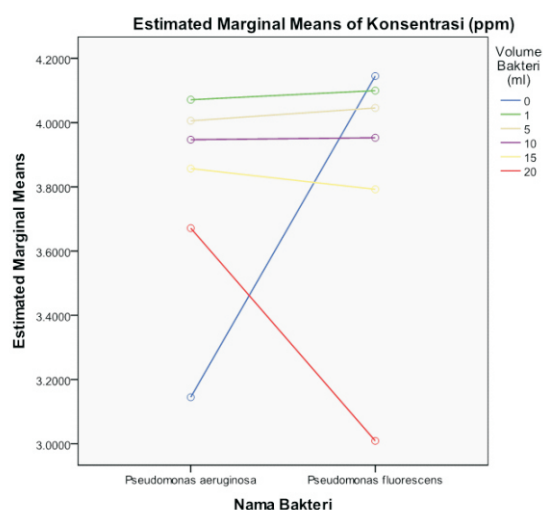
Saran

Beberapa saran yang perlu dilakukan sehubungan dengan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian-penelitian lanjutan dengan menggunakan bakteri lain yang dapat menurunkan kadar logam berat yang lebih besar yang terdapat pada limbah cair industri yang mengandung logam berat Cr dan logam berat lain.

2. Perlu dirancang dan dibuat suatu model Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sederhana tetapi dapat menurunkan/menghilangkan konsentrasi logam-logam berat pada industri yang menghasilkan limbah cair yang mengandung logam-logam berat dengan memanfaatkan mikroba yang ramah lingkungan.

3. Pemerintah diharapkan dapat menentukan kebijakan-kebijakan dalam pengelolaan lingkungan hidup sesuai dengan industri dan kondisi setempat agar lingkungan tidak tercemari hasil-hasil limbah cair industri pelapisan logam khususnya yang mengandung logam-logam berat.



Gambar 3. Grafik Kadar Cr dengan Variasi Volume Bakteri

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kopertis Wilayah VI Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah mendanai terlaksananya penelitian ini sesuai dengan Surat perjanjian Pelaksanaan Penelitian Hibah Bersaing Nomor Kontrak : 021/K6/KL/PENELITIAN/2014.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2009. *UU RI No. 32/2009 tentang Pedoman Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
Chandra, Dewi. K. 1999. *Usaha Memperoleh Sertifikat ISO-14001 Ditinjau dari Pelacakan dari Bahan Kimia dan Penanganan Limbah Cair untuk Industri Tekstil*. Jurnal Teknologi Industri.
Mardiyono, Nony Puspawati, Nur Hidayati. 2006. Penurunan Kadar Logam Berat Krom(VI) dengan *Pseudomonas sp*, *Klebsiella sp*, dan *Escherichia sp* pada Limbah Cair Industri Tekstil. *Jurnal Farmasi Indonesia*. Volume 3, No. 1, Februari 2006.

Mardiyono, Nony Puspawati, Nur Hidayati. 2009. Aplikasi Mikroba *Saccharomyces cerevisiae* dalam Mereduksi Kadar Logam Berat Krom(VI) pada Limbah Cair Industri Tekstil. *Jurnal Biomedika*. Volume 1, No. 2, September 2009.
Nugroho, B. 2001. *Ekologi Mikroba Pada Tanah Terkontaminasi Logam Berat*. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. E-mail :nug6_Hlt680807110_Hlt68080711@yahoo.com
Octaviani, Artanti M. 2005. *Biosorpsi Logam Kadmium Menggunakan Ragi Yarrowia lipolytica strain H.222*. Skripsi. Jurusan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta.
Pamungkas, Metty. 2006. *Penurunan Kadar Tembaga (Cu) dalam Limbah Cair Industri Elektroplating dengan Menggunakan Bakteri Pseudomonas aeruginosa*. Skripsi. Fakultas Farmasi Universitas Setia Budi Surakarta.