

Pemanfaatan Mikroba Jamur untuk Mengatasi Pencemaran Logam Berat Berbahaya pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam

Utilization of Fungi Microbe to Solve Hazardous Metals Pollution on Metal Coating Industry Waste Liquid

Nony Puspawati¹, Mardiyono², Argoto Mahayana³

¹Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Setia Budi; Email : nonyksolo@yahoo.co.id

²Fakultas Farmasi, Universitas Setia Budi; Email : mardiyono.md@gmail.com

³Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi; Email : amahayana@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menurunkan kadar logam berat dalam limbah cair industri pelapisan logam menggunakan berbagai macam mikroba seperti jamur dan bakteri. Hasil penelitian tahun pertama menunjukkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus niger*, dan *Monilia sitophila* dapat menurunkan kadar logam berat, termasuk logam berat nikel dan krom di dalam limbah cair industri pelapisan logam. *Rhizopus oryzae* dapat menurunkan kadar Nikel hingga 29,664%, sementara *Monilia sitophila* dapat menurunkan kadar Nikel hingga 24,167%. Sedangkan *Saccharomyces cerevisiae* dapat menurunkan kadar Krom sebesar 50,270% dan *Aspergillus niger* dapat menurunkan sebesar 48,039%. Pada penelitian tahun kedua, peneliti merancang sebuah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengolah limbah cair industri tekstil tersebut. Pengolahan limbah cair di dalam IPAL tersebut merupakan hasil dari penelitian tahun pertama dengan menggunakan jamur *Rhizopus oryzae* dan *Monilia sitophila* untuk menurunkan logam berat Nikel, sedangkan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Aspergillus niger* digunakan untuk mereduksi logam berat Krom dalam limbah cair industri pelapisan logam. Hasil penelitian tahun kedua menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair menggunakan IPAL dan mikroba jamur dapat mengurangi kadar logam berat Nikel dan Krom. Penurunan kadar logam berat Nikel paling banyak adalah sebesar 25,81% dengan penambahan 150 mL dan 25,67% dengan penambahan 200 mL jamur *Rhizopus oryzae*, diikuti dengan *Monilia sitophila* dimana kadar penurunannya sebesar 19,28% pada penambahan 200 mL. Sedangkan penurunan kadar logam berat Krom paling banyak sebesar 43,66% dengan penambahan 200 mL *Saccharomyces cerevisiae*, diikuti dengan *Aspergillus niger* dengan kadar penurunan sebesar 43,29% pada penambahan 200 mL.

Kata kunci: penurunan, logam berat, limbah cair industri pelapisan logam, mikroba, Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

ABSTRACT

The aim of this study was to reduce the heavy metal level in electroplating industry wastewater by proceed it using the various of microbes such as fungi and bacteria. The result of first year study showed that *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus niger*, and *Monilia sitophila* can reduced the heavy metal level, including Nickel and Chromium, in liquid waste of electroplating industry. *Rhizopus oryzae* can reduced the level of Nickel up to 29.664%, then *Monilia sitophila* also reduced the level of Nickel up to 24.167%. Meanwhile *Saccharomyces cerevisiae* can reduced the level of Chrome up to 50.270% and *Aspergillus niger* can reduced up to 48.039%. In the second year of the study, we designed a sewage treatment plant to process the liquid waste of electroplating industry. Wastewater treatment in the sewage treatment plant is the first year of research outcomes by using microbial fungi *Rhizopus oryzae* and *Monilia sitophila* to reduce the heavy metals Nickel, meanwhile the microbial fungi *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus niger* are used to reduce the heavy metals Chrome in electroplating industry wastewater. The result of the second year research showed that the wastewater treatment using sewage treatment plant and microbial fungi can eliminate the level of heavy metals Nickel and Chrome. Decreased levels of heavy metals Nickel at most was 25.81% with the addition of 150 mL and 25.67% with the addition of 200 mL of *Rhizopus oryzae*, followed by *Monilia sitophila* with the decreased levels was 19.28% with addition of 200 mL. Meanwhile, the decreased levels of heavy metals Chrome at most was 43.66% with the addition of 200 mL of *Saccharomyces cerevisiae*, followed by *Aspergillus niger* with the decreased levels was 43.29% with addition of 200 mL.

Keywords: reduction, heavy metals, electroplating industry wastewater, microbes, sewage treatment plant

PENDAHULUAN

Secara realistis industri pelapisan logam dapat mengeluarkan limbah dalam jumlah relatif sedikit tetapi sangat beracun, dampak dari pembuangan limbah ini akan meracuni lingkungan biotik maupun abiotik sekitarnya apabila limbah tersebut langsung dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu.

Berbagai perlakuan baik secara fisis, kimia, maupun gabungan antara keduanya telah lama digunakan untuk menghilangkan logam-logam berat dari limbah industri. Pada akhir-akhir ini ada suatu metode alternatif pengolahan limbah industri yang dianggap lebih menguntungkan dan aman bagi lingkungan yaitu proses pengolahan limbah dengan menggunakan mikroba. Hasil dari penelitian Nanang Besmanto dkk. (2003), diketahui bahwa Cr(VI) yang terdapat pada limbah cair industri penyamakan kulit dapat direduksi oleh *Pseudomonas aeruginosa* menjadi Cr(III) yang tidak beracun. Menurut Octaviani, (2005), bakteri *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 *Pseudomonas aeruginosa* dapat menurunkan kadar logam Tembaga (Cu) yang terdapat pada limbah cair industri pelapisan logam sebesar 81,3 %.

Mardiyono dkk. (2006), telah melakukan penelitian tentang reduksi logam berat krom(VI) pada limbah cair industri tekstil dengan beberapa bakteri, di antaranya *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, dan *Klebsiella pneumoniae*. 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*.

Hasil penelitian tahun I tahun 2013 oleh Nony dkk, Pemanfaatan Mikroba Jamur Untuk Mengatasi Pencemaran Logam-Logam Berat Berbahaya Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam menggambarkan bahwa mikroba jamur yaitu

Saccharomyces cerevisiae, *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus niger* dan *Monilia sitophila* dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam berat berbahaya Ni dan Cr pada limbah cair industri pelapisan logam. Prosentase penurunan kadar logam berat Ni oleh *Rhizopus oryzae* sebesar 29,664 % dan *Monilia sitophila* sebesar 24,167 %; Penurunan kadar Cr ditunjukkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* yaitu 50,270 % *Aspergillus niger* sebesar 48,039 % (Nony dkk, 2013).

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan untuk penetapan kadar logam berat dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom pada limbah cair industri pelapisan logam yaitu Lampu Hollow katoda disesuaikan dengan logam beratnya, 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, kaca preparat, degglas, sentrifuge, dan IPAL.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk menangani atau penghilangan logam berat pada sampel limbah cair industri pelapisan logam dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom yaitu sediaan mikroba *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus niger* dan *Monilia sitophila*, air suling, air limbah industri pelapisan logam, HNO₃ pekat, larutan standar logam berat: krom, nikel, gas asetilen (C₂H₂).

Prosedur Kerja

1) Pengambilan sampel

Sampel limbah cair diambil dari limbah cair industri pelapisan logam yang baru dikeluarkan dari outlet pembuangan akhir industri pelapisan logam di daerah Mojosongo, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah, sebanyak 10 liter disimpan dalam botol kering dan bersih.

2) Pembuatan larutan induk logam berat (Cr, Ni) 1000 mg/L

Serbuk logam berat ditimbang dengan seksama sebanyak 0,5 g dan dimasukkan ke dalam labu takar 500 mL kemudian dilarutkan

dengan HNO₃ pekat 2mL lalu dihomogenkan lagi, terakhir ditambahkan *aquabidestilata* sampai tanda batas.

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

Larutan induk logam berat dipipet 5 mL, dimasukkan ke dalam labu takar 500 mL kemudian ditambah *aquabidestilata* sampai tanda batas.

4) Pembuatan larutan kerja logam berat

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

5) 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 masing-masing logam berat, selanjutnya dibuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi antara konsentrasi dan absorbansi.

6) 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*. Larutan uji tersebut siap diuji dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom.

7) Pembuatan suspensi bakteri dan jamur uji

Mikroba jamur uji biakan murni pada medium masing-masing diambil 2–3 ose dimasukkan dalam 100 mL media BHI, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam.

8) Pemberian mikroba jamur uji pada sampel

Sampel dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL / (botol aqua 1,5 L) sebanyak 200 mL.

Masing-masing diberi perlakuan dengan penambahan mikroba jamur 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.

9) Pengujian sampel tanpa penambahan mikroba jamur 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 di inkubasi 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 dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom.

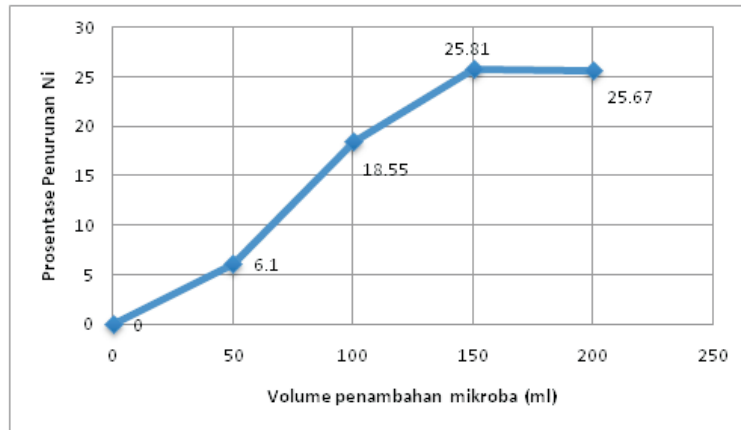
10) Pengujian setelah masa inkubasi

Sampel yang telah diinkubasi kemudian 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.

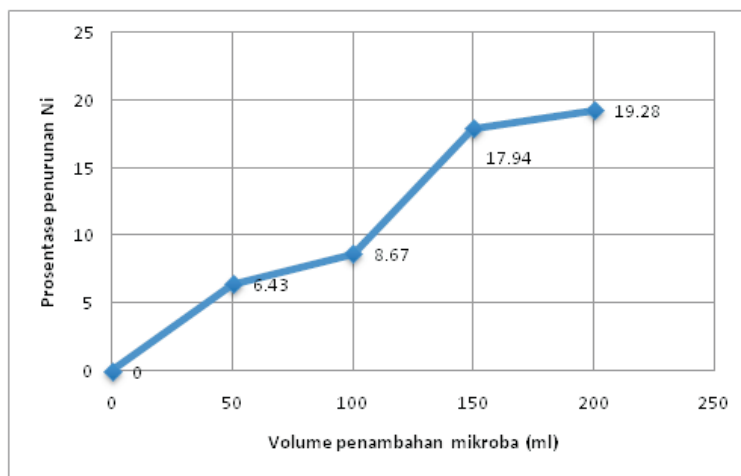
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

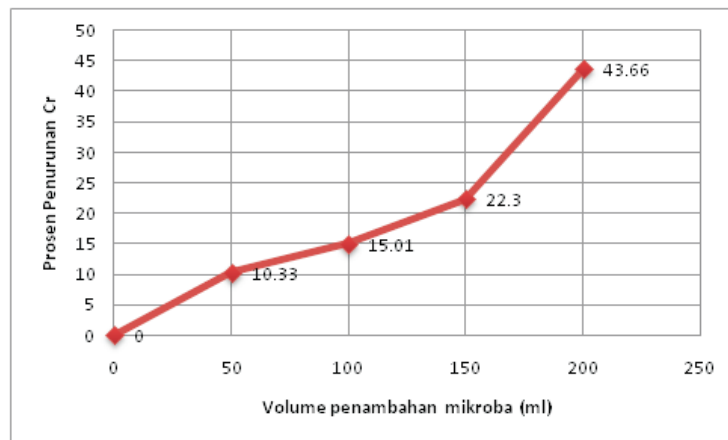
Prosentase penurunan konsentrasi logam Ni menggunakan jamur *Rhizopus oryzae* dan *Monilia sitophila* berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Sementara itu, prosentase penurunan konsentrasi logam Cr menggunakan jamur *Saccharomyces cerevisiae* dan *Aspergillus niger* berturut-turut dapat dilihat dalam Gambar 3 dan Gambar 4.



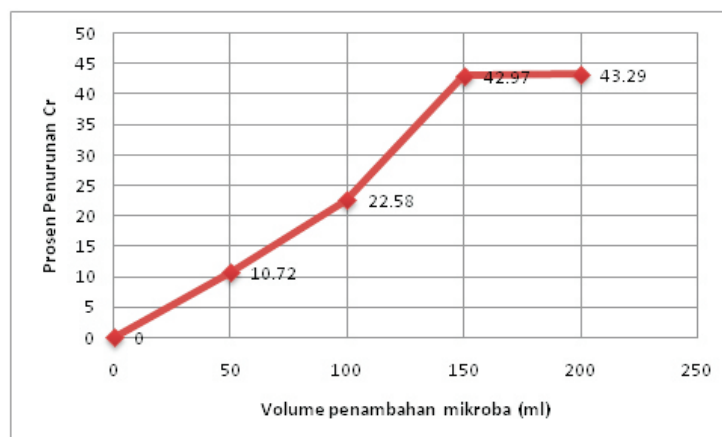
Gambar 1. Prosentase Penurunan Konsentrasi Logam Ni dengan *Rhizopus oryzae*



Gambar 2. Prosentase Penurunan Konsentrasi Logam Ni dengan *Monilia sitophila*



Gambar 3. Prosentase Penurunan Konsentrasi Logam Cr dengan *Saccharomyces cerevisiae*



Gambar 4. Prosentase Penurunan Konsentrasi Logam Cr dengan *Aspergillus niger*

Analisis Data

Nikel (Ni)

Uji hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah ANAVA dua jalan. Penggunaan teknik ANAVA dua jalan ini dikarenakan terdapat dua faktor yang mempengaruhi besarnya konsentrasi Ni, yaitu volume mikroba jamur dan jenis mikroba jamur yang digunakan untuk menurunkan kadar Ni.

Setelah diketahui bahwa distribusi data normal dan homogen, maka uji ANAVA dua jalan dapat dilakukan. Kriteria ujinya adalah bila nilai signifikansi (sig.) lebih kecil dari 0,05 maka disimpulkan terdapat perbedaan konsentrasi Ni yang nyata. Uji ANAVA dua jalan dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai signifikansi interaksi variabel Jamur Ni dan Volume sebesar 0,00 (kurang dari 0,05), sehingga diketahui bahwa ada interaksi antara variabel jenis mikroba (jamur) dan variabel volume penambahan mikroba dalam mempengaruhi penurunan konsentrasi Ni. Pada variabel jamur_Ni, dapat dilihat terdapat perbedaan konsentrasi Ni yang nyata pada jenis mikroba yang digunakan dalam penelitian ini dengan nilai signifikansi 0,000 (kurang dari 0,05). Demikian juga pada variabel volume, diketahui adanya perbedaan konsentrasi Ni yang nyata pada volume penambahan mikroba.

Setelah mengetahui adanya perbedaan konsentrasi Ni yang signifikan, perlu dilakukan uji lanjutan (*Post-Hoc*) untuk mengetahui perbedaan di antara masing-masing volume penambahan bakteri. Uji lanjutan pada

variabel mikroba tidak dilakukan karena jenis mikroba hanya ada 2 dan telah diketahui adanya perbedaan signifikan pada uji ANAVA dua jalan. Uji lanjutan pada variabel volume penambahan mikroba ini dilakukan menggunakan uji Tukey. Kriteria ujinya adalah jika selisih rata-rata dua nilai kadar yang dibandingkan (*mean difference*) nilainya signifikan (ditandai dengan tanda bintang), maka dapat disimpulkan terdapat perbedaan nyata.

Berdasarkan uji Tukey pada variabel volume penambahan mikroba, dapat dilihat bahwa:

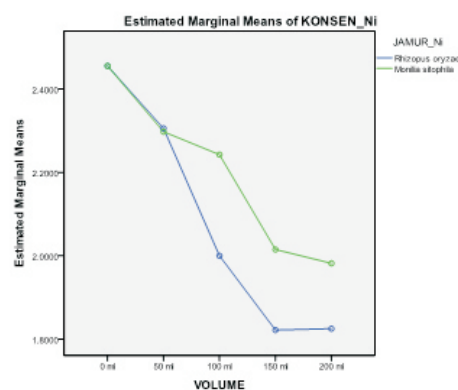
- Volume penambahan mikroba 0 mL memiliki perbedaan signifikan dengan volume 50 mL, 100 mL, 150 mL, dan 200 mL (signifikansi 0,000).
- Volume penambahan mikroba 50 mL memiliki perbedaan signifikan dengan volume 0 mL, 100 mL, 150 mL, dan 200 mL (signifikansi 0,000).
- Volume penambahan mikroba 100 mL memiliki perbedaan signifikan dengan volume 0 mL, 50 mL, 100 mL, dan 200 mL (signifikansi 0,000).
- Volume penambahan mikroba 150 mL memiliki perbedaan signifikan dengan volume 0 mL, 50 mL, 100 mL (signifikansi 0,000), tetapi tidak memiliki perbedaan dengan volume 200 mL (signifikansi 0,973).
- Volume penambahan mikroba 200 mL memiliki perbedaan signifikan dengan volume 0 mL, 50 mL, 100 mL (signifikansi 0,000), tetapi tidak memiliki perbedaan dengan volume 150 mL (signifikansi 0,973).

Interaksi antara variabel jenis mikroba dan volume penambahan mikroba dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 1. Uji ANAVA Dua Jalan Ni

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.567 ^a	9	.174	94.940	.000
Intercept	137.385	1	137.385	74892.435	.000
JAMUR_Ni	.103	1	.103	55.884	.000
VOLUME	1.386	4	.347	188.904	.000
JAMUR_Ni * VOLUME	.079	4	.020	10.740	.000
Error	.037	20	.002		
Total	138.989	30			
Corrected Total	1.604	29			

a. R Squared = .977 (Adjusted R Squared = .967)



Gambar 5. Grafik Konsentrasi Ni pada Jenis Mikroba (Jamur) dan Volume Penambahan Mikroba

Berdasarkan grafik di atas, dapat diketahui bahwa mikroba *Rhizopus oryzae* mempunyai kemampuan menurunkan logam Ni pada penambahan volume 150 mL yang tidak berbeda secara signifikan dengan penambahan 200 mL tetapi lebih tinggi penurunannya dari volume 100 mL dan 50 mL dalam menurunkan kadar Ni di dalam limbah cair industri pelapisan logam yang mengandung logam berat Ni.

Krom (Cr)

Uji hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah ANAVA dua jalan. Penggunaan teknik ANAVA dua jalan ini dikarenakan terdapat dua faktor yang mempengaruhi besarnya konsentrasi Cr, yaitu volume mikroba jamur dan jenis mikroba jamur yang digunakan untuk menurunkan kadar Cr.

Setelah diketahui bahwa distribusi data normal dan homogen, maka uji ANAVA dua jalan dapat dilakukan. Kriteria ujinya adalah bila nilai signifikansi (sig.) lebih kecil dari 0,05 maka disimpulkan terdapat perbedaan konsentrasi Cr yang nyata. Uji ANAVA dua jalan dapat dilihat pada tabel 2.

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai signifikansi interaksi variabel Mikroba dan Volume sebesar 0,000 (kurang dari 0,05), sehingga diketahui bahwa ada interaksi antara variabel jenis mikroba dan variabel volume penambahan mikroba dalam mempengaruhi penurunan konsentrasi Cr. Pada variabel mikroba, dapat dilihat terdapat perbedaan konsentrasi Cr yang nyata pada jenis mikroba yang digunakan dalam penelitian ini dengan nilai signifikansi 0,000 (kurang dari 0,05). Demikian juga pada variabel volume, diketahui adanya perbedaan konsentrasi Cr yang nyata pada volume penambahan mikroba (signifikansi 0,000).

Setelah mengetahui adanya perbedaan konsentrasi Cr yang signifikan, perlu dilakukan uji lanjutan (*Post-*

Hoc) untuk mengetahui perbedaan di antara masing-masing volume penambahan bakteri. Uji lanjutan pada variabel mikroba tidak dilakukan karena jenis mikroba hanya ada 2 dan telah diketahui adanya perbedaan signifikan pada uji ANAVA dua jalan. Uji lanjutan pada variabel volume penambahan mikroba ini dilakukan menggunakan uji Tukey. Kriteria ujinya adalah jika selisih rata-rata dua nilai kadar yang dibandingkan (*mean difference*) nilainya signifikan (ditandai dengan tanda bintang), maka dapat disimpulkan terdapat perbedaan nyata. Uji lanjutan untuk variabel volume penambahan mikroba dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Berdasarkan uji Tukey pada variabel jenis mikroba (jamur), dapat dilihat bahwa:

- Volume penambahan mikroba 0 mL memiliki perbedaan signifikan dengan volume 50 mL, 100 mL, 150 mL, dan 200 mL (signifikansi 0,000).
- Volume penambahan mikroba 5 mL memiliki perbedaan signifikan dengan volume 0 mL, 100 mL, 150 mL, dan 200 mL (signifikansi 0,000).
- Volume penambahan mikroba 100 mL memiliki perbedaan signifikan dengan volume 0 mL, 50 mL, 150 mL, dan 200 mL (signifikansi 0,000).
- Volume penambahan mikroba 150 mL memiliki perbedaan signifikan dengan volume 0 mL, 50 mL, 100 mL, 150 mL, dan 200 mL (signifikansi 0,000).
- Volume penambahan mikroba 200 mL memiliki perbedaan signifikan dengan volume 0 mL, 50 mL, 100 mL, dan 150 mL (signifikansi 0,000).

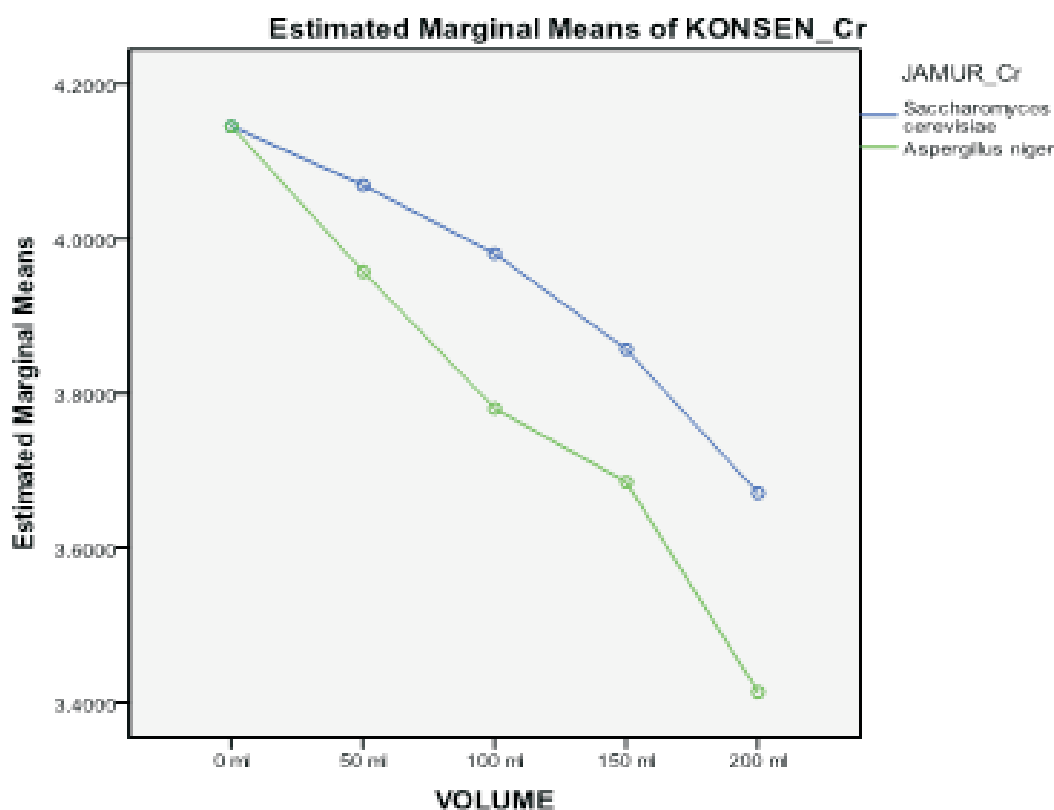
Grafik konsentrasi Cr variabel jenis mikroba dan volume penambahan mikroba dapat dilihat pada Gambar 6.

Berdasarkan grafik 6, dapat diketahui bahwa mikroba *Aspergillus niger* pada penambahan volume 200 mL memiliki efektivitas paling tinggi dalam menurunkan kadar Cr di dalam limbah cair industri pelapisan logam yang mengandung logam berat.

Tabel 2. Uji ANAVA dua jalan Cr

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.501 ^a	9	.167	157.252	.000
Intercept	449.418	1	449.418	423736.569	.000
VOLUME	1.279	4	.320	301.444	.000
JAMUR_Cr	.165	1	.165	155.186	.000
VOLUME * JAMUR_Cr	.058	4	.014	13.576	.000
Error	.021	20	.001		
Total	450.940	30			
Corrected Total	1.522	29			

a. R Squared = .986 (Adjusted R Squared = .980)



Gambar 6. Grafik Konsentrasi Cr pada Jenis Mikroba dan Volume Penambahan Mikroba

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

a. Pada limbah cair industri pelapisan logam, mengandung logam berat Nikel dan Krom.

b. Pengolahan limbah cair industri pelapisan logam pada IPAL dengan pemanfaatan jamur *Saccharomyces cereviceae*, *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus niger* dan *Monilia sitophila* menunjukkan terjadinya penurunan kadar logam berat Ni dan Cr.

c. Penurunan kadar Ni oleh *Rhizopus oryzae* dan *Monilia sitophila* adalah sebagai berikut : Penurunan sebesar 25,81% dengan penambahan 150 mL yang tidak berbeda signifikan dengan penurunan sebesar 25,67 % dengan penambahan 200 mL *Rhizopus oryzae*, diikuti oleh penambahan *Monilia sitophila* 200 mL dengan penurunan 19,28 %

d. Penurunan kadar Cr paling tinggi, yakni sebesar 43,66 % dengan perlakuan penambahan 200 mL *Saccharomyces cerevisiae*, diikuti oleh penambahan *Aspergillus niger* 200 mL dengan penurunan 43,29 % .

Saran sehubungan dengan hasil penelitian ini adalah:

1. Limbah cair dari Industri pelapisan Logam seharusnya diolah dulu sebelum dibuang ke lingkungan perairan bebas, karena mengandung logam berat yang biasanya melebihi baku mutu
2. Perlu penelitian-penelitian lanjutan untuk menurunkan kandungan logam- logam berat yang lebih efisien yang terdapat pada limbah cair industri pelapisan logam dengan memanfaatkan mikroba yang ada disekitar kita

UCAPAN TERIMAKASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- 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. 3 (2).95-100.
- 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.

Octaviani, Artanti M. 2005. *Biosorpsi Logam Kadmium Menggunakan Ragi Yarrowia lipolytica strain H.222*. *Skripsi*. Jurusan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta.