
EFISIENSI *MULTI SOIL LAYERING* (MSL) DALAM MENURUNKAN KADAR *CHROMIUM HEKSAVALEN* (Cr^{6+}) PADA LIMBAH CAIR SABLON DI KAOS NGAPAK KABUPATEN BANYUMAS

Destisira Setya Pawestri¹⁾, Zaeni Budiono¹⁾, Sugeng Abdullah¹⁾

¹⁾ Poltekkes Kemenkes Semarang

Abstrak

Kadar *chromium heksavalen* (Cr^{6+}) pada limbah cair sablon di Kaos Ngapak sebesar 1,905 mg/l melebihi baku mutu pada Permen LH Nomor 3 Tahun 2010. Metode *Multi Soil Layering* (MSL) dapat menurunkan kadar *chromium heksavalen* (Cr^{6+}) dengan proses adsorpsi dan filtrasi. Penelitian ini menggunakan variasi media MSL A yaitu pasir kuarsa, zeolit, tanah andosol dan media MSL B yaitu batu apung, pecahan genting, tanah andosol. Pemeriksaan kadar *chromium heksavalen* (Cr^{6+}) dilakukan sebelum pengolahan dan setelah pengolahan waktu kontak 20 menit, 40 menit, dan 60 menit. Hasil pemeriksaan kadar *chromium heksavalen* (Cr^{6+}) sebelum pengolahan sebesar 1,07 – 1,95 mg/l dan setelah pengolahan pada perlakuan MSL A sebesar 0,44 – 1,33 mg/l dan pada perlakuan MSL B sebesar 0,46 – 1,58 mg/l. Nilai efisiensi MSL A sebesar 27,35 – 45,96% dan MSL B sebesar 38,93 – 50,44% dalam menurunkan kadar *chromium heksavalen* (Cr^{6+}) pada limbah cair sablon di Kaos Ngapak. Disimpulkan bahwa terdapat perbedaan kadar *chromium heksavalen* (Cr^{6+}) sebelum dan setelah perlakuan pada MSL A waktu kontak 40 menit dengan nilai sig = 0,012, MSL B waktu kontak 40 menit dan 60 menit dengan nilai sig = 0,001 dan 0,009. Penggunaan variasi media dan waktu kontak pada pengolahan MSL tidak efisien dalam menurunkan *chromium heksavalen* (Cr^{6+}) dengan nilai sig = 0,486 dan 0,486. Disarankan untuk menambahkan material organik dalam campuran tanah sebagai lapisan anaerob untuk meningkatkan proses adsorpsi dan filtrasi.

Kata kunci : Limbah Cair Sablon, Kadar *Chromium Heksavalen* (Cr^{6+}), Media *Multi Soil Layering* (MSL), dan Waktu Kontak

Abstract

Hexavalent chromium (Cr^{6+}) levels in screen printing liquid waste in Kaos Ngapak by 1,905 mg/l exceed the quality standard in the Minister of Environment Regulation No. 3 of 2010. *Multi Soil Layering* (MSL) method could reducing the *hexavalent chromium* (Cr^{6+}) levels by adsorption and filtration. This study uses a variation of MSL A media, which are quartz sand, zeolite, andosol soil and MSL B media, which are pumice, broken rock, andosol soil. Examination of *hexavalent chromium* (Cr^{6+}) levels was carried out before processing and after processing the contact time was 20 minutes, 40 minutes and 60 minutes. The results of examination of *hexavalent chromium* (Cr^{6+}) levels before processing were 1,07 – 1,95 mg/l and after processing in the MSL A treatment of 0,44 – 1,33 mg/l and in the MSL B in the amount of 0.46 - 1.58 mg/l. The efficiency value of *Multi Soil Layering* (MSL) A is 27,35 – 45,96% and *Multi Soil Layering* (MSL) B is 38,93 – 50,44% in reducing levels of *hexavalent chromium* (Cr^{6+}) in screen printing liquid waste in Kaos Ngapak. It was concluded that there were differences in *hexavalent chromium* (Cr^{6+}) levels before and after treatment on MSL A, contact time of 40 minutes with a value sig = 0,012, MSL B, contact time of 40 minutes and 60 minutes with a value sig = 0,001 and 0,009. The use of variations in media and contact time in the processing of MSL was not efficient in reducing *hexavalent chromium* (Cr^{6+}). It is recommended to add an organic material in the soil mixture as an anaerobic layer to improve the process of adsorption and filtration.

Keywords : *Screen Printing Liquid Waste*, *Hexavalent Chromium* (Cr^{6+}) Levels, *Multi Soil Media Layering* (MSL), and *Contact Time*

I. Pendahuluan

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, menyebutkan bahwa kesehatan lingkungan diselenggarakan melalui upaya penyehatan, pengamanan, dan pengendalian. Upaya pengamanan dilakukan melalui upaya perlindungan kesehatan masyarakat, proses pengolahan limbah, dan pengawasan terhadap limbah. Upaya perlindungan kesehatan masyarakat dilakukan untuk mewujudkan lingkungan sehat yang bebas dari unsur yang menimbulkan gangguan kesehatan salah satunya meliputi zat kimia berbahaya dari bahan yang digunakan untuk proses industri.

Menurut Undang Undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian, Industri adalah seluruh bentuk kegiatan ekonomi yang mengolah bahan baku dan/atau memanfaatkan sumber daya industri sehingga menghasilkan barang yang mempunyai nilai tambah atau manfaat lebih tinggi, termasuk jasa industri. Kegiatan industri sangat banyak menggunakan air bersih untuk berbagai tahap produksi dan utilitas, sehingga menghasilkan limbah cair sebagai pencemar lingkungan. Salah satu jenis industri yang menghasilkan limbah cair dan sifat pencemaran yang potensial ditimbulkan yaitu industri sablon (Nurhaida Pasaribu, 2006).

Kegiatan penyablonan masih sampai saat ini kurang mendapat pengawasan terhadap penanganan limbah cair dan memicu untuk membuang limbah cairnya langsung ke badan air (Rahmadani, 2018). Khusus industri penyablonan pakaian sebagai penyebab pencemaran air yang berasal dari proses pewarnaan, proses produksi film dan pelat processor (Atmono, dkk, 2017). Bahan pencemar mengandung unsur/bahan kimia berbahaya seperti alkohol/aseton dan esternya serta logam berat seperti chrom, cobalt, mangan dan timah terdapat di tinta warna, bahan pelarut, bahan pencair dan bahan pengering (Widyaningsih, 2012).

Chromium (Cr) terkandung dalam limbah cair usaha sablon yang bersifat persisten, bioakumulatif dan toksik bagi kehidupan organisme. Logam chromium (Cr) tidak mampu terurai dalam lingkungan sehingga memiliki dampak negatif bagi lingkungan serta dapat menyebabkan keracunan akut dalam tubuh (Widowati, 2008, h. 88-108). Mengingat bahaya dan pencemaran lingkungan yang ditimbulkan, maka pihak industri diharuskan untuk mengolah limbahnya sebelum dibuang ke lingkungan (Asmadi, dkk, 2009).

Pengembangan penurunan logam-logam berat difokuskan pada pengembangan ramah lingkungan, sederhana, efektif, dan ekonomis

salah satu metodenya adalah dengan menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi (Al-Ayubi, dkk, 2008). Metode *Multi Soil Layering* (MSL) merupakan proses pengolahan limbah cair yang terdiri atas dekomposisi, fiksasi, nitrifikasi, denitrifikasi, filtrasi, adsorpsi, dan absorpsi (Salmariza, dkk, 2011). Metode MSL terdiri atas dua zona pengolahan utama yaitu zona aerob yang terdapat pada lapisan batuan (zeolit, perlit, dan kerikil atau tergantung pada jenis batuan yang tersedia), ruang antara lapisan zeolit dan blok campuran tanah serta zona anaerob terdapat pada lapisan campuran tanah (Masunaga, et al, 2010) dalam (Sonia Megah dan Riyanto Haribowo, 2018).

Kaos Ngapak merupakan pusat *clothing* yang memiliki pabrik untuk produksinya sendiri seperti kaos sablon yang dikerjakan oleh tenaga profesional dibidangnya dengan kapasitas produksi mencapai ribuan *pieces*. Produksi kaos sablon dapat menghasilkan limbah cair sebanyak ± 50 liter per hari. Limbah cair sablon tersebut dibuang langsung ke selokan melalui jaringan perpipaan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu.

Berdasarkan uji pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti pada tanggal 16 September 2019 di Labkesmas Purbalingga diketahui kadar *chromium heksavalen* pada limbah cair sablon Kaos Ngapak sebesar 1,905 mg/L melebihi baku mutu air limbah yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 3 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri yakni sebesar 0,5 mg/L.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Atmono, dkk (2017) mendapatkan hasil bahwa zeolit dapat menurunkan kadar chromium yang terkandung pada air limbah cair penyablonan pakaian pada debit 3,5 terjadi penurunan sebanyak 1,008 mg/L. Penelitian laboran berprestasi UNS, menggunakan adsorben serbuk genting dengan sistem kolom menunjukkan konsentrasi logam chromium (Cr) menurun sampai memenuhi batas baku mutu chromium pada air limbah sebesar 0,5 mg/L, yang sesuai dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah tentang Baku Mutu Air Limbah (Sugito, 2016).

Berdasarkan uraian di atas, peneliti bermaksud untuk mengetahui lebih lanjut tentang efisiensi *Multi Soil Layering* (MSL) dalam menurunkan kadar *chromium heksavalen* pada limbah cair sablon dengan menggunakan lapisan batuan zeolit dan pecahan genting.

Tujuan penelitian adalah Mengetahui efisiensi *Multi Soil Layering* (MSL) dalam menurunkan kadar *chromium heksavalen*

(Cr⁶⁺) pada limbah cair sablon di Kaos Ngapak Kabupaten Banyumas Tahun 2020.

II. Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan *Pre Experiment* dengan metode *pre test and post test design*, dengan maksud untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh *Multi Soil Layering* (MSL) terhadap efisiensi penurunan kadar *chromium heksavalen* (Cr⁶⁺) pada limbah cair sablon di Kaos Ngapak Kabupaten Banyumas.

Replikasi yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 4 kali dengan menggunakan 2 variasi media yaitu MSL A (pasir kuarsa, tanah andosol, zeolit), MSL B (batu apung, tanah andosol, pecahan genting) dan 3 variasi waktu kontak yaitu 20 menit, 40 menit, dan 60 menit dengan menggunakan 6 bak MSL. Sampel yang diambil dalam penelitian adalah 4 sampel sebelum perlakuan (*pre test*) dan 24 sampel setelah perlakuan (*post test*).

Analisis univariat untuk menyajikan data statistik, tabel dan grafik. Analisis bivariat yang digunakan yaitu statistik dengan uji paired t-test dan dianalisis secara statistik dengan menggunakan anova two ways karena terdapat 2 faktor dan interaksi yang mempengaruhi yaitu faktor variasi media dan faktor variasi waktu kontak.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Data Umum

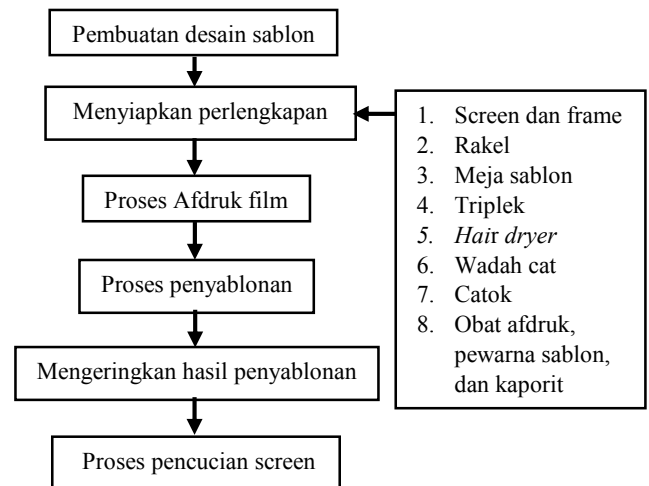
1. Profil Kaos Ngapak

Kaos Ngapak yang beralamatkan di Jalan Gunung Slamet No. 20, Brubahan, Grendeng, Kecamatan Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas. Kaos Ngapak mulai beroperasi pada tahun 2011 hingga saat ini terus tumbuh dan eksis dikalangan pecinta kaos. Kaos Ngapak memiliki 11 karyawan yang terbagi menjadi 5 divisi kerja yaitu divisi administrasi 2 orang, divisi produksi 4 orang, divisi sablon 3 orang, divisi *finishing* dan *packing* 2 orang.

Usaha sablon sering disebut sebagai industri rumahan / *home industry*, namun perkembangannya semakin pesat seiring dengan perkembangan teknologi dan semakin bertambahnya kebutuhan masyarakat. Meski demikian, dalam prosesnya penyablonan dilakukan dengan menggunakan berbagai macam bahan kimia untuk mendapatkan hasil yang berkualitas. Proses penyablonan yang menggunakan bahan kimia misalnya pada proses pewarnaan, pengkilatan dan pembersihan.

2. Proses Penyablonan

Metode penyablonan yang dilakukan di Kaos Ngapak yaitu metode sablon manual yang secara umum dilakukan dengan 4 langkah yaitu pembuatan desain, proses afdruck film, proses penyablonan, dan pencucian screen.



Gambar 1 Proses Penyablonan di Kaos Ngapak

3. Jumlah Produksi Sablon

Jumlah produksi sablon kaos dengan desain satu warna dalam satu hari dapat mencapai ± 200 *pieces*, untuk desain kaos sablon full color hanya dapat mencapai ± 50 – 100 *pieces* sedangkan penyablonan untuk *tote bag* atau kantong plastik dapat mencapai ± 1000 *pieces*.

Menurut Rahmadani (2018, h. 17) limbah industri sablon merupakan hasil sampingan dari hasil penyablonan pada prosesnya menggunakan bahan kimia berbahaya. Semakin banyak bahan kimia yang digunakan maka semakin banyak pula beban lingkungan untuk menerima bahan kimia dalam limbah cair.

4. Bahan Pewarna yang Digunakan

Jenis tinta yang digunakan untuk penyablonan di Kaos Ngapak yaitu tinta waterbase. Tinta waterbase merupakan jenis tinta sablon yang berbasis air sehingga bersifat cepat kering dengan hasil yang sangat halus. Pada dasarnya tinta atau cat memiliki bahan dasar air atau minyak terdiri atas tiga komponen, yaitu mengandung pelarut berupa tiner, binder yakni resin (*epoxy resin dan urethane resin*) serta pigmen dalam cat yang digunakan dan meningkatkan ketahanan cat. Menurut Rahmadani, (2018, h. 20) banyak jenis pigmen yang merupakan bahan berbahaya yaitu Pb-Cr yang digunakan untuk memberikan warna hijau, kuning dan merah.

B. Data Khusus

1. Sumber Air Bersih Untuk Sablon

Sumber air bersih yang digunakan untuk proses penyablonan di Kaos Ngapak yaitu air sumur gali yang dipompa. Kebutuhan air bersih ketika musim kemarau tetap terpenuhi karena sumur gali yang digunakan menghasilkan air bersih yang kontinyu. Jumlah air bersih yang dibutuhkan untuk proses penyablonan sebanyak ± 10 – 50 liter perhari. Penggunaan air sumur gali bertujuan sebagai alternatif untuk meminimalkan biaya produksi

penyablonan yang pada prosesnya membutuhkan banyak air bersih.

Sumber air merupakan komponen utama yang dibutuhkan oleh sistem penyediaan air bersih. Menurut Sumantri, (2015) Air merupakan salah satu kebutuhan hidup dan merupakan dasar bagi perikehidupan di bumi. Oleh karena itu, penyediaan air merupakan salah satu kebutuhan utama bagi manusia untuk kelangsungan hidup dan menjadi faktor penentu dalam kesehatan dan kesejahteraan manusia.

2. Volume Air Limbah

Volume air limbah yang dihasilkan dari kegiatan penyablonan yaitu $\pm 30 - 150$ liter per hari. Air limbah tersebut dihasilkan dari proses afdruck film, penyablonan dan pencucian screen, tetapi proses yang paling banyak menghasilkan air limbah dan memicu adanya kadar chromium yaitu proses penyablonan. Pembuangan air limbah dari proses penyablonan langsung dialirkan ke selokan atau saluran tertutup tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu.

Menurut Widyaningsih, (2012, h. 7) limbah yang dibuang bebas ke lingkungan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia karena dapat menimbulkan berbagai macam penyakit dan juga berdampak buruk bagi makhluk hidup lain.

3. Suhu dan pH Air Limbah

a. Suhu

Tabel 1 Hasil Pengukuran Suhu Air Limbah Sablon Kaos Ngapak Sebelum dan Setelah Perlakuan MSL Tahun 2020

| Perlakuan | Sebelum Perlakuan ($^{\circ}\text{C}$) | Setelah Perlakuan ($^{\circ}\text{C}$) | | |
|-----------|--|--|-------------|-------------|
| | | 20 Menit | 40 Menit | 60 Menit |
| MSL A1 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| MSL A2 | 28 | 27 | 27,5 | 27 |
| MSL A3 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| MSL A4 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| MSL B1 | 31 | 30 | 31 | 30,5 |
| MSL B2 | 28 | 28 | 28 | 27 |
| MSL B3 | 27 | 27 | 27 | 26 |
| MSL B4 | 29 | 28 | 28 | 28,5 |

Keterangan :

MSL A : MSL media A

MSL B : MSL media B

1 : replikasi 1

2 : replikasi 2

3 : replikasi 3

4 : replikasi 4

Suhu air limbah sablon sebelum perlakuan yaitu $27 - 31$ $^{\circ}\text{C}$ dan setelah perlakuan relatif sama dengan rerata suhu air limbah sablon yaitu $26,6 - 31$ $^{\circ}\text{C}$. Nilai suhu rata-rata yang tidak berpengaruh pada tahapan pengolahan sehingga nilainya relatif sama. Menurut Lilin Indrayani dan Nur Rahmah, (2018, h. 46) nilai suhu tersebut masih dalam rentang suhu

optimum bagi pertumbuhan bakteri, yaitu pada suhu $24 - 35$ $^{\circ}\text{C}$.

b. pH

Hasil analisis pH dengan variasi media MSL dan waktu kontak yang ditunjukkan pada tabel 2 tidak berpengaruh terhadap pH outlet MSL, dimana variasi media MSL dan waktu kontak tetap dapat memberikan pH netral.

Tabel 2 Hasil Pengukuran pH Air Limbah Sablon Kaos Ngapak Sebelum dan Setelah Perlakuan MSL Tahun 2020

| Perlakuan | Ph Sebelum Perlakuan | pH Setelah Perlakuan | | |
|-----------|----------------------------|----------------------|-------------|-------------|
| | | 20 Menit | 40 Menit | 60 Menit |
| MSL A1 | 6,8 | 7 | 7 | 7 |
| MSL A2 | 7 | 7,5 | 7,5 | 7,5 |
| MSL A3 | 7,1 | 7,2 | 7,2 | 7,2 |
| MSL A4 | 7,1 | 7 | 7 | 7 |
| MSL B1 | 6,8 | 7,1 | 7,1 | 7,1 |
| MSL B2 | 7 | 7,1 | 7,1 | 7,1 |
| MSL B3 | 7,1 | 7,3 | 7,3 | 7,3 |
| MSL B4 | 7,1 | 7,1 | 7,1 | 7,1 |

Rerata pH air limbah sablon yaitu $6,8 - 7,1$ sedangkan rerata pH outlet MSL terjadi sedikit peningkatan menjadi $7,0 - 7,5$. Akan tetapi semuanya masih dalam range pH baku mutu yang diizinkan menurut Permen LH No. 03 Tahun 2010 yaitu $6 - 9$.

Perubahan rerata pH dari $6,8 - 7,1$ menjadi pH $7,0 - 7,5$ disebabkan adanya lapisan tanah pada bak MSL. Menurut Masunaga dalam Salmariza, (2017, h. 43) tanah mempunyai kemampuan penetral (*buffering capacity*) yang tinggi terhadap perubahan-perubahan kondisi kimia dan fisik akibat aktifitas mikroorganisme dan reaksi fisik yang ditimbulkan saat terjadinya mekanisme pengolahan limbah cair dalam sistem MSL.

4. Kadar Chromium Heksavalen Limbah Cair Sablon Sebelum dan Setelah Dilakukan Perlakuan

Pada dasarnya tinta atau cat memiliki bahan dasar air atau minyak terdiri atas tiga kompoen, yaitu mengandung pelarut berupa tiner, binder yakni resin (*epoxy resin dan urethane resin*) serta pigmen dalam cat yang digunakan dan meningkatkan ketahanan cat. Banyak jenis pigmen yang merupakan bahan berbahaya yaitu Pb-Cr yang digunakan untuk memberikan warna hijau, kuning dan merah.

Tabel 3 Pemeriksaan Chromium Heksavalen (Cr^{6+}) Sebelum dan Setelah Perlakuan MSL pada Limbah Cair Sablon di Kaos Ngapak Kabupaten Banyumas Tahun 2020

| Perlakuan | Sebelum Perlakuan (mg/l) | Setelah Perlakuan (mg/l) | | |
|-----------|--------------------------------|--------------------------|-------------|-------------|
| | | 20 Menit | 40 Menit | 60 Menit |
| MSL A1 | 1,97 | 0,5 | 1,33 | 0,44 |
| MSL A2 | 1,07 | 0,51 | 0,78 | 0,85 |
| MSL A3 | 1,15 | 0,52 | 0,79 | 1,095 |
| MSL A4 | 1,165 | 1,14 | 0,585 | 1,09 |

| Perlakuan | Sebelum Perlakuan (mg/l) | Setelah Perlakuan (mg/l) | | |
|-----------|--------------------------|--------------------------|----------|----------|
| | | 20 Menit | 40 Menit | 60 Menit |
| MSL B1 | 1,97 | 0,66 | 1,58 | 1,475 |
| MSL B2 | 1,07 | 0,87 | 0,505 | 0,805 |
| MSL B3 | 1,15 | 0,505 | 0,665 | 0,5 |
| MSL B4 | 1,165 | 0,46 | 0,68 | 0,59 |

Perlakuan MSL A pada replikasi I waktu kontak 40 menit memperoleh hasil yang tinggi dikarenakan pH outlet mengalami kenaikan dari 7 menjadi 7,5, dimana zeolit sebagai adsorben memiliki pengaruh terhadap kenaikan pH air limbah pada saat pengolahan. Menurut Riapanitra dalam Suci (2017, h. 36) bahwa pH larutan mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi, dimana pada pH asam proses adsorpsi semakin besar.

Sedangkan perlakuan MSL B tingginya kadar *chromium heksavalen* pada replikasi 1 waktu kontak 40 menit disebabkan karena terjadinya penurunan kapasitas adsorpsi untuk dosis adsorben yang lebih besar terjadi karena peningkatan jumlah mineral tanah liat pada pecahan genting. Meningkatnya jumlah adsorben maka jumlah situs-situs jenuh per satuan massa adsorben menjadi berkurang, sehingga kapasitas adsorben pun berkurang.

Penurunan kadar *chromium heksavalen* terjadi karena adanya proses reduksi setelah dilakukan pengolahan. Proses reduksi *chromium heksavalen* dipengaruhi oleh beberapa faktor-faktor diantaranya adalah waktu reaksi, pH, larutan konsentrasi *chromium heksavalen* dan banyaknya serta jenisnya bahan pereduksi yang digunakan.

5. Efisiensi Penurunan Kadar *Chromium Heksavalen* (Cr^{6+}) Air Limbah Sablon

Tabel 4 Efisiensi *Multi Soil Layering* (MSL) dalam Menurunkan Kadar *Chromium Heksavalen* pada Limbah Cair Sablon di Kaos Ngapak Kabupaten Banyumas Tahun 2020

| Perlakuan | Efisiensi (%) | | | Rerata |
|-----------|---------------|----------|----------|-------------------|
| | 20 Menit | 40 Menit | 60 Menit | |
| MSL A1 | 74,61 | 32,48 | 77,66 | Efisiensi MSL A |
| MSL A2 | 52,33 | 27,10 | 20,56 | 20 menit = 45,96% |
| MSL A3 | 54,78 | 31,30 | 4,78 | 40 menit = 35,11% |
| MSL A4 | 2,14 | 49,78 | 6,43 | 60 menit = 27,35% |
| MSL B1 | 66,49 | 19,79 | 25,12 | Efisiensi MSL B |
| MSL B2 | 18,69 | 52,80 | 24,76 | 20 menit = 50,44% |
| MSL B3 | 56,08 | 42,17 | 56,52 | 40 menit = 39,09% |
| MSL B4 | 60,51 | 41,63 | 49,35 | 60 menit = 38,93% |

Rerata efisiensi *Multi Soil Layering* (MSL) dalam menurunkan kadar *chromium heksavalen* pada limbah cair sablon di Kaos Ngapak tertinggi yaitu 50,44% pada MSL B 20 menit dan efisiensi terendah yaitu 27,35% pada MSL A 60 menit. Efisiensi MSL dalam menurunkan kadar *chromium heksavalen* pada limbah cair sablon dengan menggunakan 2 jenis media MSL dan 3 variasi waktu kontak tersebut belum mencapai hasil yang maksimal.

Faktor yang paling mempengaruhi proses pengolahan dengan metode MSL yaitu kondisi aerob dan anaerob. Kondisi aerob terjadi pada lapisan batuan, sedangkan kondisi anaerob terjadi pada lapisan tanah andosol. Perlakuan MSL pada lapisan anaerob hanya menggunakan tanah andosol, hal tersebut dapat mempengaruhi proses filtrasi dan adsorpsi dalam penyisihan kadar *chromium heksavalen*. Tanah andosol yang digunakan untuk pengolahan dalam jangka waktu yang panjang akan mengalami kejenuhan.

Menurut Wakatsuki dalam Tivany (2013, h. 39) pengolahan dengan metode MSL menggunakan material organik, karbon dan material lainnya seperti serbuk besi dalam campuran tanah sebagai lapisan anaerob dapat menambah luas permukaan adsorben dan pori-pori yang lebih kecil untuk proses penyaringan.

Kemampuan sistem MSL untuk mereduksi *chromium heksavalen* diperkirakan karena adanya proses adsorpsi dan filtrasi. Menurut Bernasconi dalam Rizkamala, (2011) proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain konsentrasi logam, luas permukaan adsorben, tumbukan antar partikel, pH, waktu kontak.

Menurut Riapanitra dalam Suci (2017), bahwa pH larutan mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi, dimana pada pH asam proses adsorpsi semakin besar. Oleh karena itu, adsorpsi yang baik terjadi pada kisaran pH asam. Penentuan waktu kontak dalam menurunkan kadar *chromium heksavalen* kurang lama sehingga proses reduksi media terhadap ion logam *chromium heksavalen* tidak maksimal. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik.

Keterbatasan dari penelitian menggunakan metode MSL yaitu membutuhkan waktu yang cukup lama dan keuletan dalam menyusun lapisan aerob dan anaerob pada bak MSL. Menurut Salmariza, dkk (2011) kelemahan pengolahan limbah cair dengan MSL terjadi pada tanah sebagai media utama yaitu penyumbatan (*clogging*), konduktivitas terbatas, distribusi limbah cair tidak merata dan tidak efektif dalam proses nitrifikasi atau denitrifikasi.

6. Analisis Bivariat

Hasil uji statistik MSL A pada perlakuan waktu kontak 40 menit menunjukkan nilai sig sebesar $0,012 < 0,050$ artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil kadar *chromium heksavalen* (Cr^{6+}) sebelum dan setelah perlakuan menggunakan MSL A dengan waktu kontak 40 menit.

Sedangkan pada MSL B pada perlakuan waktu kontak 40 menit sebesar $0,001 < 0,050$ dan waktu kontak 60 menit sebesar $0,009 < 0,050$ artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil kadar *chromium heksavalen* (Cr^{6+}) sebelum dan setelah perlakuan menggunakan MSL B dengan waktu kontak 40 menit dan 60 menit.

7. Analisis Multivariat

Hasil uji *anova two ways* menunjukkan bahwa pengaruh variasi media yang digunakan pada lapisan aerob diperoleh nilai $sig = 0,486 > 0,05$, hal tersebut berarti tidak ada pengaruh yang signifikan dalam menurunkan kadar *chromium heksavalen* menggunakan media yang berbeda pada pengolahan dengan MSL.

Begitu juga pada hasil uji *anova two ways* variasi waktu kontak diperoleh nilai $sig = 0,414 > 0,05$. Hal tersebut berarti tidak ada pengaruh yang signifikan atau tidak ada pengaruh yang bermakna dalam menurunkan kadar *chromium heksavalen* pada pengolahan dengan metode MSL.

Penurunan kadar *chromium heksavalen* yang berbeda antara sebelum pengolahan dan setelah pengolahan dengan media MSL yang berbeda. Perbedaan penurunan kadar *chromium heksavalen* ini dapat dipengaruhi oleh pH air limbah, waktu kontak, dan konsentrasi larutan *chromium heksavalen*. *Chromium heksavalen* ini akan melarut lebih tinggi apabila kondisi pH rendah atau asam. *Chromium heksavalen* sulit mengendap, sehingga dalam penanganannya memerlukan zat pereduksi untuk mereduksi menjadi *chromium trivalen*.

IV. Simpulan dan Saran

A. Simpulan

1. Kadar *chromium heksavalen* pada limbah cair sablon sebelum pengolahan dengan MSL yaitu sebesar 1,07 – 1,97 mg/l dan setelah pengolahan dengan MSL A pada waktu kontak 20 menit, 40 menit, dan 60 menit adalah 0,5 – 1,14 mg/l, 0,585 – 1,33 mg/l, dan 0,44 – 1,095 mg/l. Sedangkan pengolahan dengan MSL B pada waktu kontak 20 menit, 40 menit, dan 60 menit adalah 0,46 – 0,87 mg/l, 0,505 – 1,58 mg/l, dan 0,5 – 1,475 mg/l.
2. Hasil uji *paired t test* pada MSL A dengan waktu kontak 40 menit menunjukkan nilai $sig < 0,050$, dan pada MSL B dengan waktu kontak 40 menit menunjukkan nilai $sig < 0,050$, waktu kontak 60 menit menunjukkan nilai $sig < 0,050$. Hasil uji *pair t test* dengan nilai $sig \leq 0,05$ berarti ada perbedaan antara hasil pemeriksaan sebelum dan setelah perlakuan dengan MSL pada taraf sig . 5%.

3. Hasil uji *anova two ways* menunjukkan nilai $sig > 0,05$ sehingga variabel media MSL A dan MSL B serta waktu kontak 20 menit, 40 menit dan 60 menit tidak terlalu berpengaruh signifikan terhadap efisiensi MSL dalam menurunkan kadar *chromium heksavalen*. Kedua variabel tersebut juga tidak ada hubungan yang signifikan pada pengolahan dengan MSL.

B. Saran

1. Menggunakan cat sablon dari bahan alami dan ramah lingkungan terutama untuk cat berwarna merah, hijau, kuning. Seperti pewarna sablon yang diciptakan oleh Hendra dan Timbul (2015) menggunakan tumbuhan seperti daun mangga, kunyit, akar mengkudu, daun ketapang, daun sambiloto, dan sejumlah daun lainnya kemudian dicampur dengan tawas, kapur sirih, dan getah pisang.
2. Menggunakan cat sablon jenis *neo-pigment kornit* yang merupakan cat dengan bahan dasar 100% air yang memiliki daya tahan luar biasa, sangat *eco-friendly* dan aman apabila terkena kulit.
3. Melakukan tahap pengolahan pendahuluan pada limbah cair sablon sebelum diolah dengan *Multi Soil Layering* (MSL).
4. Menambahkan material organik pada lapisan tanah andosol untuk meningkatkan proses adsorpsi pada air limbah. Campuran material organik yang dapat digunakan pada *Multi Soil Layering* (MSL) dalam menurunkan kadar logam limbah cair yaitu arang aktif atau karbon aktif, serbuk kaktus, membran cangkang telur dan serbuk besi.

V. Daftar Pustaka

- Al-Ayubi, dkk. (2008). Studi Kestimbangan Adsorpsi Merkuri (II) Pada Biomassa Daun Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*). *ALCHEMY Vol. 1 No. 2 Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang*, 53-103.
- Amanda Kusuma Dewi. (2014). *Peningkatan Kualitas Air Limbah Tekstil Dengan Bahan Organik Sebagai Multi Soil Layering*. Surakarta : Skripsi Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret.
- Aryadi Y. (2010). *Pengujian Karakteristik Mekanik Genteng*. Surakarta: Program Studi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Surakarta : Universitas Muhammadiyah.
- Asmadi, dkk. (2009). Pengurangan Chrom (Cr) Dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali ($Ca(OH)_2$), NaOH

- dan NaHCO₃ (Studi Kasus PT. Trimulyo Kencana Mas Semarang). *JAI. Vol. 5. No. 1 Institut Pertanian Bogor (IPB)*, 41.
- Atmono, dkk. (2017). Pengaruh Arang Aktif dan Zeolit Sebagai Adsorben Dalam Penurunan Kadar Logam Krom Pada Air Limbah Cair Penyablonan Pakaian. *Jurnal Rekayasa, Teknologi dan Sains Universitas Malahayati Lampung*, 21-22.
- Edwin Permana, dkk. (2017). Studi Pengaruh Waktu Kontak, Laju Alir, dan Ukuran Packing terhadap Adsorpsi Cr(VI). *Chempublish Journal volume 2 No.1 Program Studi Kimia Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi*.
- Masunaga, et al. (2010). Characteristics Of Wastewater. *Soil Science And Plant. ovierti Debby*
- Nurhaida Pasaribu. (2006). Penggunaan Sistem Multi Lapisan Tanah Untuk Menurunkan Tingkat Pencemaran Limbah Cair Industri Karet Remah. *Jurnal Komunikasi Penelitian. Volume 18 (2) Universitas Sumatera Utara*, 23.
- Nusantara, G. (2003). *Panduan Praktis Cetak Sablon*. Jakarta: Kawasan Pustaka .
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 03 Tentang Tahun 2010. *Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri*.
- Prasetya, dkk. (2012). Pemanfaatan Zeolit Abu Sekam Padi Untuk Menurunkan Kadar Ion Pb²⁺ Pada Air Sumur. *Jurnal Sains, Vol.1, No. 1 Universitas Negeri Semarang*.
- Purwanti . (2010). *Laju Reaksi*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rahmadani. (2018). *Adsorpsi Logam Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Usaha Sablon Menggunakan Biomassa Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makasar: Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi.
- Rizkamala. (2011). *Adsorpsi Ion Logam Cr (Total) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Bulu Ayam*. Semarang: Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Semarang.
- Salmariza, dkk. (2011). Aplikasi Metoda MSL (Multi Soil Layering) Untuk Mengolah Air Limbah Industri Edible Oil. *Jurnal Riset. Vol.5. No.3. Baristand Padang, Sumatera Barat*, 227-338.
- Salmariza. (2017). Pengaruh Laju Alir Inlet Reaktor MSL Terhadap Reduksi BOD, COD, TSS dan Minyak/Lemak Limbah Cair Industri Minyak Goreng. *Jurnal Litbang Industri Vol. 7 No. 1, Universitas Batanghari*, 41-51.
- Sekar Arum . (2015). *Efektifitas Arang Aktif, Zeolit, dan Bentonit Terhadap Penurunan Kadar Ion Mg²⁺ dan Mn²⁺ Dalam Tiga Sumber Air* . Bandung : Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan .
- Sinugroho . (1979). *Teknologi Bahan Bangunan Bata dan Genteng*. Bandung: Balai Penelitian Keramik.
- Sofyan, dkk. (2009). Kombinasi Sistem Anaerobik Filter dan Multi Soil Layering (MSL) Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Kecil Menengah Makanan. *Jurnal Riset Industri, Vol. III, No. 2 Baristand Industri Padang*, 118 - 127.
- Sonia Megah dan Haribowo. (2017). Efisiensi Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Metode Multi Soil Layering. *Penelitian Teknik Pengairan Universitas Brawijaya Malang*.
- Suci. (2017). *Aplikasi Zeolit dari Blotong dan Sugito*. (2016). *Adsorben Serbuk Genteng Untuk Mengolah Limbah Krom (Cr)*. Surakarta: Univesitas Sebelas Maret (UNS).
- Sumantri. (2015). *Kesehatan Lingkungan* . Jakarta : Kencana Prenada Media Graup.
- Syafnil . (2008). Mereduksi Kandungan Fe (Besi) Dengan Metode Multi Soil Layering. *Jurnal Gradien. Vol.4 No. 2* , 361-364.
- Tiara Adinda, dkk. (2015). *Metode Pengolahan Multi Soil Layering Dalam Pengolahan Air Gambut Dengan Variasi Hydraulic Loading Rate Dan Material Organik Pada Lapisan Anaerob*. Jom FTEKNIK Volume 2 No. 1 Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Riau.
- Tri Budi Parayogo, dkk. (2015). Optimasi Sistem Multi Soil Layering (MSL) Dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas Malang. *Jurusan Teknik Pengairan, universitas Brawijaya, Malang* .
- Wahyu Widowati, dkk. (2008). *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: ANDI.