

EFEKTIVITAS VARIASI LAMA KONTAK ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) DALAM MENURUNKAN LOGAM BERAT KROMIUM HEKSAVALEN (Cr^{6+}) PADA LIMBAH INDUSTRI PELAPISAN LOGAM

Sela Putri Herdina, Budiyono, Suhartono
Peminatan Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Diponegoro
Email : selaputriherdina96@gmail.com

ABSTRACT

Electroplating industry is an industry that produce hazardous waste because it contain various heavy metals such as Chromium, Copper, Nickel, Sulfate, Chloride and Cyanide compounds. The "X" electroplating industry which become the object of this research produce waste water that has 18.85 mg/L of Hexavalent Chromium and does not have a waste water treatment plant. This study aimed to determine the effectiveness of Eichhornia crassipes to reduce hexavalent chromium level in electroplating waste water. This research used a pretest-posttest quasi-experiment research with control group. The population in this study were waste water produced by the electroplating process. The sample used in this study were 90 liters of waste water which has been diluted 50% for 9 replications and 3 controls. The statistical analysis with ANOVA test ($\alpha=5\%$) showed that there was a significant difference in the average reduction of Cr^{6+} level with different contact time. There were significant differences in the average reduction of Cr^{6+} levels between 5 days, 10 days and 15 days. The effectiveness level of the Cr^{6+} reduction showed the highest average reduction was 37.57% within 15 days contact time. The lowest Cr^{6+} level after treatment was 2.55 mg/L that showed the treatment with Eichhornia crassipes had not been effective to reduce Cr^{6+} level to a safe limit of Cr^{6+} content in waste water which is 0.1 mg/L. The contact time of Eichhornia crassipes affected the reduction level of Cr^{6+} in electroplating waste water and the Cr^{6+} level decrease alongside with the increase of contact time.

Keywords : *Electroplating Water Waste, Phytoremediation, Eichhornia crassipes, Contact Time, Hexavalent Chromium*

PENDAHULUAN

Pelapisan logam merupakan suatu teknik yang digunakan untuk memberikan sifat tertentu pada permukaan suatu benda yang berbahan logam sehingga benda tersebut dapat mengalami perubahan baik dalam struktur mikronya maupun sifat fisiknya. Industri pelapisan logam sendiri merupakan suatu industri yang menghasilkan limbah berbahaya

karena di dalam limbahnya mengandung logam berat seperti senyawa Kromium, Tembaga, Nikel, Sulfat, Klorida, Sianida, Serta senyawa organik seperti minyak, lemak dan lainnya.

Kromium heksavalen merupakan ion kromium yang paling berbahaya karena memiliki sifat persistensi tinggi, bioakumulatif dan sulit untuk terurai di lingkungan sehingga jika limbah yang mengandung kromium heksavalen

dibuang tanpa ada proses pengolahan terlebih dahulu dapat membahayakan kehidupan lingkungan sekitar. Penelitian yang dilakukan oleh Beaumont dll di provinsi Liaoning Cina pada 2008 menunjukkan bahwa terdapat peningkatan resiko kematian akibat kanker perut karena konsentrasi tinggi logam kromium (VI) pada air minum penduduk. Oleh karena itu limbah industri yang mengandung kromium perlu untuk dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan

Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk mengurangi kadar logam kromium heksavalen pada limbah pelapisan logam adalah dengan fitoremediasi menggunakan eceng gondok. Fitoremediasi adalah suatu sistem yang menggunakan tanaman dan bagian-bagiannya untuk memperbaiki kondisi lingkungan dan mengurangi konsentrasi kontaminan yang ada melalui proses penghilangan, pemindahan serta penghancuran kontaminan.

Eceng gondok dapat menyerap logam berat dalam perairan melalui proses phytoextraction. Logam berat yang ada di dalam perairan diserap oleh akar eceng gondok dan didistribusikan ke seluruh bagian eceng gondok. Logam berat yang telah diserap oleh akar eceng gondok akan disimpan di bagian tanaman tertentu sehingga tidak mengganggu proses metabolisme eceng gondok

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis kuasi eksperimen, sedangkan rancangan penelitiannya adalah pretest-posttest dengan kelompok kontrol (*randomized control group pretest-posttest design*).

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah limbah industri pelapisan logam, akuades, tanaman eceng gondok, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, HNO_3 . Untuk alat-alat yang diperlukan adalah kertas pH, termometer, spektrofotometer serapan atom, lux meter, gelas ukur 100 ml, labu ukur 200 ml, bak treatment 30 buah. Bak treatment yang digunakan memiliki diameter 10 cm dan tinggi 15 cm. Volume bak treatment yang digunakan adalah 3 liter.

Pengambilan Limbah Cair

Limbah cair yang digunakan berasal dari industri pelapisan logam di kelurahan Pedurungan Lor, Semarang. Limbah cair diambil dari bak penampungan sementara menggunakan jerigen. Limbah cair memiliki karakteristik yang pekat, berwarna coklat kehitaman, berbau dan memiliki pH yang sangat asam yaitu 3.

Aklimatisasi Tanaman Eceng Gondok

Tanaman eceng gondok diambil di daerah persawahan di kelurahan Pedurungan Lor kemudian dimasukkan ke bak berisi akuades selama 7 hari. Tanaman eceng gondok yang digunakan memiliki daun yang masih segar dan tidak menguning, memiliki berat 150 gr dan panjang akar ± 10 cm.

Pelaksanaan Penelitian

Pada masing-masing bak treatment diberi 3 liter sampel air limbah serta tanaman eceng gondok selama waktu perlakuan yaitu 5, 10, 15 hari dengan 9 pengulangan. Dilakukan pengukuran suhu setiap hari selama treatment pada pukul 09.00 WIB. Pengukuran intensitas cahaya matahari dilakukan setiap hari pada pukul 06.00, 12.00 dan 18.00 WIB. Limbah diambil setelah masa treatment selesai untuk diuji kadar logam berat kromium heksavalen di laboratorium.

Variabel Penelitian

1. Variabel bebas
Variasi lama waktu kontak limbah dengan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yaitu 5, 10 dan 15 hari.
2. Variabel terikat
Kadar logam berat kromium heksavalen
3. Variabel pengganggu
Sinar matahari dan suhu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tanaman tersebut. Penyerapan logam pada tanaman dilakukan di bagian akar melalui mekanisme pembentukan molekul khelat yang disebut fitosiderofor. Molekul fitosiderofor yang terbentuk kemudian akan mengikat logam dan membawanya ke dalam sel akar melalui proses transport aktif.

Setelah logam masuk ke dalam akar tanaman terjadi translokasi logam dari akar ke bagian tanaman yang lain melalui jaringan pengangkut yaitu jaringan xylem dan floem. Proses selanjutnya adalah lokalisasi logam pada bagian jaringan tertentu untuk menjaga agar logam yang ada tidak menghambat metabolisme tanaman dan mencegah terjadinya keracunan pada sel tanaman. Kemampuan tanaman dalam melakukan lokalisasi logam menggambarkan kemampuan tanaman dalam mentoleransi dan melakukan detoksifikasi terhadap kontaminan yang masuk ke dalam tanaman.

1. Kadar Logam Cr^{6+} Sebelum Perlakuan

Tabel 1. Hasil Uji Kadar Cr^{6+} Sebelum Perlakuan

Pengulangan Ke	Kadar Cr^{6+} (mg/L)
Ulangan 1	4,33
Ulangan 2	4,27
Ulangan 3	4,31
Rata-rata	4,30

Sampel air limbah yang digunakan diambil dengan metode pengambilan sampel gabungan waktu (time composite sample) yaitu sampel yang diambil di titik pengambilan yang sama, volume yang sama dan interval waktu yang sama selama tiga hari untuk dikumpulkan di suatu wadah untuk dilakukan intervensi

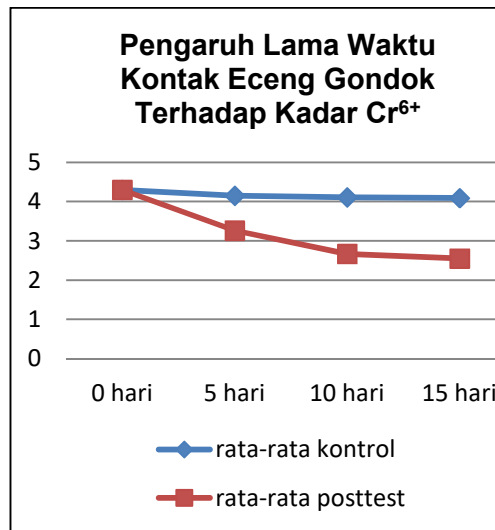
2. Kadar Logam Cr^{6+} Pada Kelompok Kontrol

Tabel 2. Hasil Uji Kadar Cr^{6+} Pada Kelompok Kontrol

Kelompok	Kadar Cr^{6+} (mg/L)		Selisih (mg/L)
	Pre test	Kontrol	
5 Hari	4,30	4,15	0,15
10 Hari	4,30	4,11	0,19
15 Hari	4,30	4,09	0,21
Rata-rata	4,30	4,12	0,18

Rata-rata kadar logam berat Cr^{6+} pada pemeriksaan sampel kelompok kontrol adalah 4,12 mg/L. Selisih rata-rata kadar Cr^{6+} pada kelompok pre-test dan kelompok kontrol adalah 0,18 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa ada penurunan kadar logam berat Cr^{6+} tanpa adanya perlakuan dengan kontak tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

3. Kadar Logam Cr^{6+} Pada Kelompok Perlakuan



Gambar 1. Grafik Pengaruh Lama Waktu Kontak Eceng Gondok Terhadap Kadar Cr⁶⁺

Rata-rata penurunan kadar Cr⁶⁺ pada kelompok kontrol terlihat jauh lebih sedikit dibandingkan dengan penurunan Cr⁶⁺ pada kelompok perlakuan. Pada grafik terlihat kadar Cr⁶⁺ pada sampel semakin menurun dengan bertambahnya lama waktu kontak hal tersebut menunjukkan bahwa lama waktu kontak tanaman eceng gondok berpengaruh terhadap penurunan kadar Cr⁶⁺ pada air limbah.

Tanaman eceng gondok yang memiliki struktur seperti spons mampu menyerap unsur-unsur pencemar dalam air limbah. Penurunan kadar logam berat kromium heksavalen (Cr⁶⁺) pada limbah dengan metode fitoremediasi terjadi karena adanya proses penyerapan unsur logam berat oleh tanaman terutama oleh bagian akar. Akar tanaman eceng gondok memiliki bentuk serabut dengan bulu bulu halus yang selalu terendam dalam air. Air disekitar akar tanaman masuk ke jaringan akar dengan proses difusi melalui bulu akar pada dinding sel yang memungkinkan ion bermuatan positif dari konsentrasi yang lebih tinggi ke sel akar tanaman yang

memiliki konsentrasi yang lebih rendah.

Logam berat kromium heksavalen (Cr⁶⁺) dapat terserap melalui akar pada saat tanaman melakukan proses fotosintesis sehingga penyerapan logam terjadi secara aktif. Proses ini terjadi dengan bantuan suatu senyawa pembawa yaitu zat khelat. Tanaman eceng gondok akan meletakkan logam berat yang telah diserap ke dalam dinding sel di vakuola dan kemudian berikatan dengan senyawa

Tabel 3. Hasil Uji Kadar Cr⁶⁺ Pada Kelompok Perlakuan

Bak	Pre-test	Kadar Cr ⁶⁺ (mg/L)								
		5 Hari			10 Hari			15 Hari		
		Kontrol	Post-Test	Selisih (mg/L)	Kontrol	Post-Test	Selisih (mg/L)	Kontrol	Post-Test	Selisih (mg/L)
1	4,30	4,15	3,12	1,03	4,11	2,70	1,41	4,09	2,58	1,51
2	4,30	4,15	3,33	0,82	4,11	2,58	1,53	4,09	2,45	1,64
3	4,30	4,15	3,38	0,77	4,11	2,70	1,41	4,09	2,61	1,48
4	4,30	4,15	3,21	0,94	4,11	2,75	1,36	4,09	2,43	1,66
5	4,30	4,15	3,27	0,88	4,11	2,69	1,42	4,09	2,67	1,42
6	4,30	4,15	3,31	0,84	4,11	2,70	1,41	4,09	2,58	1,51
7	4,30	4,15	3,27	0,88	4,11	2,61	1,50	4,09	2,62	1,47
8	4,30	4,15	3,14	1,01	4,11	2,66	1,45	4,09	2,62	1,47
9	4,30	4,15	3,28	0,87	4,11	2,62	1,49	4,09	2,42	1,67
Rata-Rata	4,30	4,15	3,26	0,89	4,11	2,67	1,44	4,09	2,55	1,54

organik lainnya. Pada akar, tumbuhan ini mempunyai senyawa fitokelatin yang dapat mengikat unsur logam dan membawanya ke dalam sel melalui peristiwa transport aktif. Fitokelatin merupakan suatu senyawa protein yang dihasilkan oleh tanaman ketika keadaan tanaman memiliki kandungan logam berat yang tinggi dan mengandung suatu peptide yang terdiri dari asam amino dan mempunyai gugus sistein sulfhidril yang dapat mengikat logam berat.

Selain pada bagian akar eceng gondok, logam berat juga akan terakumulasi pada bagian organ tanaman yang lainnya terutama pada pucuk daun. Logam berat yang telah diserap masuk ke jaringan akar akan masuk ke vakuola yang dapat menyebabkan vakuola menggelembung dan membuat sitoplasma terdorong ke bagian tepi sel sehingga menyebabkan protoplasma menjadi dekat dengan permukaan sel. Proses inilah yang menyebabkan pertukaran atau penyerapan logam kromium heksavalen antar sel menjadi lebih

efisien. Setelah logam berat kromium heksavalen masuk ke dalam sel akar, kemudian logam akan diangkut melalui jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem ke bagian tanaman yang lain. Tanaman eceng gondok akan memindahkan logam dari akar lebih banyak ke bagian tangkai dibanding daun dalam upaya melindungi jaringan tanaman yang digunakan dalam proses fotosintesis agar bebas dari logam berat yang dapat mengganggu metabolisme

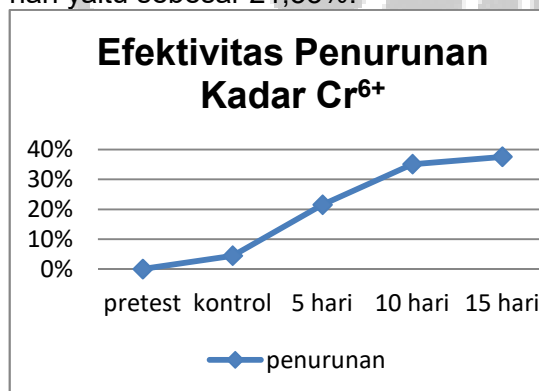
Efektivitas Penurunan Kadar Cr⁶⁺

Hasil perhitungan persentase penurunan kadar logam berat Cr⁶⁺ dengan menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) ada pada tabel 4. Efektivitas penurunan kadar logam berat Cr⁶⁺ dengan menggunakan eceng gondok (*Eichhornia*

Tabel 4. Efektivitas Penurunan Kadar Cr^{6+} Berdasarkan Variasi Lama Kontak Dengan Eceng Gondok

Pengulangan ke	Efektivitas Penurunan Kadar Cr^{6+} (%)		
	5 Hari	10 Hari	15 Hari
Kontrol	3,61	4,62	5,13
1	24,82	34,31	36,92
2	19,76	37,23	40,10
3	18,55	34,31	36,19
4	22,65	33,09	40,59
5	21,20	34,55	34,72
6	20,24	34,31	36,92
7	21,20	36,50	35,94
8	24,34	35,28	35,94
9	20,96	36,25	40,83
Rata-rata	21,53	35,09	37,57

crassipes) dengan variasi lama kontak 5, 10 dan 15 hari menunjukkan rata-rata penurunan terbesar terjadi pada sampel dengan menggunakan variasi lama kontak 15 hari yaitu sebesar 37,57%. Sedangkan rata-rata penurunan terkecil terjadi pada sampel dengan menggunakan variasi lama kontak 5 hari yaitu sebesar 21,53%.



Gambar 2. Grafik Efektivitas Penurunan Kadar Cr^{6+}

Pengolahan limbah pelapisan logam menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) menunjukkan bahwa variasi lama kontak 15 hari merupakan efektivitas penurunan tertinggi dibandingkan dengan variasi lama kontak lain. Berdasarkan grafik di atas diketahui

bahwa semakin lama waktu kontak tanaman, efektivitas penurunan Cr^{6+} akan semakin naik.

Suhu

Pengukuran suhu pada limbah cair dilakukan setiap hari selama terjadi perlakuan. Suhu limbah cair pada saat sebelum diberi perlakuan adalah 30°C , pada perlakuan dengan lama kontak 5 hari suhu akhir dari limbah cair adalah 28°C sedangkan untuk kelompok perlakuan dengan lama kontak 10 dan 15 hari suhu akhir menjadi 27°C . Secara keseluruhan suhu limbah cair yang digunakan mengalami penurunan namun masih dalam batas suhu yang optimal untuk proses metabolisme tanaman yaitu $28-34^{\circ}\text{C}$ sehingga tanaman eceng gondok mampu bertahan hidup. Suhu limbah cair yang digunakan selama perlakuan memiliki kecenderungan berfluktuasi setiap harinya. Hal ini dikarenakan kondisi cuaca pada hari pengamatan dan intensitas penyinaran matahari yang tidak tetap. Namun fluktuasi suhu harian tidak mencapai selisih yang terlalu besar.

Suhu berpengaruh pada tingkat penyerapan logam kedalam tanaman karena suhu dapat mempengaruhi proses metabolisme

tanaman dan proses fotosintesis. Dengan suhu yang semakin rendah maka proses fotosintesis akan semakin aktif karena suhu mempengaruhi proses metabolisme dari makhluk hidup dan jumlah oksigen yang larut di dalam air limbah, suhu akan mempengaruhi proses perombakan bahan organik, pembusukan aerobik dan pertumbuhan organisme. Suhu juga dapat mempengaruhi sensitifitas organisme perairan sehingga ikut mempengaruhi proses penyerapan logam berat oleh tanaman air.

Intensitas Sinar Matahari

Sinar matahari diperlukan oleh tanaman dalam melakukan proses fotosintesis dan metabolisme. Sinar matahari memegang peranan penting dalam proses fisiologis tanaman, terutama fotosintesis, respirasi dan transpirasi. Intensitas cahaya tinggi pada waktu siang hari akan meningkatkan suhu daun tanaman. Peningkatan suhu yang berlebihan dapat mengganggu proses metabolisme tanaman dan dalam waktu lama dapat menyebabkan daun terbakar. Transpirasi berfungsi untuk menjaga stabilitas suhu daun, menjaga turgiditas sel tumbuhan agar tetap pada kondisi optimal dan mempercepat laju pengangkutan unsur hara melalui pembuluh xilem.

Pada penelitian ini diupayakan pengendalian sinar matahari dengan meletakkan bak treatment di lingkungan yang tidak terkena sinar matahari langsung dengan bantuan kanopi berupa plastik tebal yang transparan. Fungsi kanopi tersebut adalah agar tanaman tidak terkena sinar matahari langsung namun tetap mendapatkan sinar matahari untuk proses metabolisme tanaman.

Hasil Analisis Data

Uji statistik yang digunakan untuk uji normalitas data adalah uji *Shapiro*

wilk karena jumlah data yang dianalisis berjumlah <50 data. Berdasarkan hasil uji normalitas didapatkan hasil bahwa data kadar Cr^{6+} pada hari ke 5 didapatkan nilai *p-value* 0,61, pada hari ke 10 didapatkan nilai *p-value* 0,515 dan pada hari ke 15 didapatkan nilai *p-value* 0,075. Hasil uji normalitas menunjukkan semua nilai *p-value* lebih besar dari 0,05 sehingga asumsi H_0 diterima yang artinya data kadar Cr^{6+} berdistribusi normal.

Uji statistik selanjutnya adalah uji varian data yang dilakukan dengan melihat *test of homogeneity of variance* untuk mengetahui apakah varian data memiliki variasi sama atau tidak. Berdasarkan hasil test of homogeneity of variance pada tingkat kesalahan (α)= 0,05 menunjukkan bahwa hasil *p-value* yaitu 0,184. Nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai signifikansi lebih dari 0,05 maka asumsi H_0 diterima dan H_a ditolak yang diartikan data menunjukkan bahwa data kadar Cr^{6+} memiliki sifat yang homogen.

Tabel 5. Hasil Uji ANOVA Perbedaan Rata-rata Penurunan Cr^{6+} Berdasarkan Lama Kontak

Lama Kontak	N	Kadar Cr^{6+}	Selisih *	<i>p-value</i>
Hari ke 5	9	3,26±0,086	0,89	0,0001
Hari ke 10	9	2,67±0,055	1,44	
Hari ke 15	9	2,55±0,094	1,54	

Uji beda rata-rata menunjukkan nilai *Asymp. Sig* (nilai signifikansi) yaitu *p-value* sebesar 0,0001. Karena nilai *p-value* kurang dari 0,05 maka asumsi H_0 ditolak dan H_a diterima yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata penurunan kadar logam berat Cr^{6+} pada air limbah pelapisan logam dengan variasi lama kontak tanaman eceng gondok

(*Eichhornia crassipes*) 5 hari, 10 hari dan 15 hari. Uji lanjutan digunakan adalah uji *Post Hoc* untuk analisa uji adalah dengan uji *Bonferroni*.

Tabel 6. Hasil Uji Post-Hoc Kelompok Perlakuan

I	II	Mean difference	p-value	Keterangan
5 hari	10 hari	0,54889	0,0001	Signifikan
	15 hari	0,64333	0,0001	Signifikan
10 hari	15 hari	0,09444	0,058	Tidak Signifikan

Dari tabel diatas diketahui bahwa terdapat perbedaan yang signifikan terhadap penurunan kadar logam berat Cr^{6+} pada limbah pelapisan logam dengan menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) antara variasi lama kontak waktu 5 hari dengan 10 hari dan variasi lama kontak waktu 5 hari dengan 15 hari. Sedangkan perbandingan antara kelompok dengan lama kontak 10 hari dan 15 hari tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap penurunan kadar Cr^{6+} . Kelompok variasi lama waktu kontak 5 hari dengan 15 hari memiliki perbedaan paling signifikan terhadap penurunan kadar Cr^{6+} dengan menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

KESIMPULAN

1. Kadar logam berat kromium heksavalen (Cr^{6+}) pada limbah cair pelapisan logam sebelum dilakukan perlakuan adalah 4,3 mg/L
2. Penurunan logam berat kromium heksavalen (Cr^{6+}) dan efektivitas masing-masing perlakuan :
 - a. Penanaman tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*)

dengan lama kontak 5 hari dapat menurunkan logam berat kromium heksavalen (Cr^{6+}) hingga mencapai rata-rata 3,26 mg/L dengan efektivitas rata-rata sebesar 21,53%.

b. Penanaman tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan lama kontak 10 hari dapat menurunkan logam berat kromium heksavalen (Cr^{6+}) hingga mencapai rata-rata 2,67 mg/L dengan efektivitas rata-rata sebesar 35,09%.

c. Penanaman tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan lama kontak 15 hari dapat menurunkan logam berat kromium heksavalen (Cr^{6+}) hingga mencapai rata-rata 2,55 mg/L dengan efektivitas rata-rata sebesar 37,57%.

3. Penurunan kadar logam berat kromium heksavalen (Cr^{6+}) paling tinggi berdasarkan varian lama kontak 5, 10 dan 15 hari terjadi pada kelompok perlakuan dengan lama kontak tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) selama 15 hari.

4. Terdapat perbedaan yang signifikan antara besarnya penurunan logam berat kromium heksavalen (Cr^{6+}) antara variasi lama kontak 5 hari dan 10 hari namun tidak ada perbedaan yang signifikan antara besarnya penurunan logam berat kromium heksavalen (Cr^{6+}) antara variasi lama kontak 10 hari dan 15 hari.

5. Variasi lama kontak memberikan pengaruh terhadap penurunan kadar logam berat kromium heksavalen (Cr^{6+}) pada limbah cair pelapisan logam yaitu semakin lama waktu kontak, maka kadar logam berat kromium heksavalen (Cr^{6+}) pada air limbah semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tambunan, Tulus. (2016). *Perkembangan Industri Nasional dan Peran PMA*. Jurnal Ekonomi Pembangunan, Vol 18 No 1, Hal 21-36.
2. Khaliq, Abdul. (2015). *Analisis Sistem Pengolahan Air Limbah Pada Kelurahan Kelayan Luar Kawasan IPAL Pekapuran Raya PD PAL Kota Banjarmasin*. Jurnal Poros Teknik, Vol 7 No 1, Hal 34-42.
3. Yudo, Satmoko dan Nusa Idaman. (2005). *Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Pelapisan Logam*. Jurnal Air Indonesia, Vol 1 No 1, Hal 17-29.
4. OSHA. (2009). *Hexavalent chromium*. United States.
5. Shadreck, Mandina and Tawanda Mugadza. (2013). *Chromium, An Essential Nutrient and Pollutant: A Review*. African Journal of Pure and Applied Chemistry, Vol 7 No 9, Page 310-317.
6. Puspita, Siregar A.S dan Hidayati. (2001). *Kemampuan Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) Yang Terdapat Pada Limbah Cair Industri Batik Terubuk*, Vol 39 No 1, Hal 58-64.
7. Galiulin, Rauf et al. (2001). *A Critical Review : Protection From Pollution by Heavy Metals-Phytoremediation of Industrial Wastewater*. Land Contamination & Reclamation, Vol 9 No 4, Page 349-357
8. Zumani, Darul, Maman Suryaman dan Sheli M.D., (2015). *Pemanfaatan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) Untuk Fitoremediasi Kadmium (Cd) Pada Air Tercemar*. Siliwangi Vol 1 No 1, Hal 22-31.
9. Saha, Priyanka et al. (2017). *Phytoremediation of Industrial Mines Wastewater Using Water Hyacinth*. International Journal of Phytoremediation, Vol 19 No 1, Page 87-96.
10. Haryati, M. 2012. *Kemampuan Tanaman Genjer (Limnocharis flava (L.) Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas Pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda*. LenteraBio, Vol 1 No 3, hal 131-138.
11. Ghosh, M And S.P.Singh. (2005). *A Review on Phytoremediation of Heavy Metals And Utilization of It's by Products*. Asian Journal on Energy and Environment, Vol 6 No 4, Page 214-231.
12. Hardiani, Henggar. (2009). *Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas*. Balai Besar Pulp dan Kertas, Vol 44 No 1, Hal 27-40.
13. Remans, Tony et al. (2012). *Understanding The Development of Roots Exposed To Contaminants and The Potential of Plant-Associated Bacteria for Optimization of Growth*. Annals of Botany, Vol 110 No 2, Page 239–252.
14. Verma, V.K et al. (2005). *Biosorption of Pb and Zn From Pulp and Paper Industry Effluent by Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes)*. Journal of Scientific and Industrial Research, Vol 64 No 10, Page 778-781.
15. Wei Liao, Shao and Wen Lian Chang. (2004). *Interpretation and Discrimination of Marshy Wetlands by Soil Factors in The Kuan-Tu Natural Park, Taiwan*. Environmental Monitoring and

Assessment, Vol 107 No 1–3,
Page 181–202.

