

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI ELEKTROPLATING DENGAN FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN *AZOLLA MICROPHYLLA*

Yuli Pratiwi¹, Sri Sunarsih², Kurnia Puspa Dewi³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains Terapan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

E-mail: yuli_pratiwi@akprind.ac.id

ABSTRACT

The electroplating wastewater industry generally contains heavy metals, such as chromium (Cr) metals that can harm the environment and health. This study aims to determine the effect of dwell time and wet weight of Azolla microphylla in reducing BOD, COD and Cr-Total levels in metal coating liquid waste. The experimental study included the effect of residence time between 2, 4, 6, 8, 10 days and wet weight of plants between 70, 90, 110, 130 and 150 gram against the tested parameters BOD, COD and Cr-Total electroplating wastewater. The results showed that the best residence time in this treatment was six days with BOD value 22,26 mg/L and efficiency decrease equal to 65,74%. COD score of 61 mg/L and efficiency decrease of 72,79%. Cr-Total value 2,98 mg/L with efficiency decrease of 93,23%. The best wet weight of the plant reduces BOD, COD and Cr-Total levels is 150 grams. The value of BOD is 24,07 mg/L and efficiency decrease of 62,97%. COD score 67,87 mg/L and efficiency decrease equal to 69,72%. Cr-Total value of 4.13 mg/L and Cr-Total decrease efficiency of 90.58%. According to the Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 only BOD and COD that meet the quality standards, while Cr-Total does not meet the quality standard.

Keywords: electroplating wastewater, Azolla microphylla, phytoremediation

INTISARI

Air limbah industri elektroplating umumnya banyak mengandung logam-logam berat, diantaranya adalah logam kromium (Cr) yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu tinggal dan berat basah *Azolla microphylla* dalam menurunkan kadar BOD, COD dan Cr-Total pada limbah cair pelapisan logam. Waktu tinggal antara 2, 4, 6, 8, 10 hari dan berat basah tanaman antara 70, 90, 110, 130 dan 150 gram terhadap parameter yang diuji yaitu BOD, COD dan Cr-Total air limbah elektroplating. Hasil penelitian menunjukkan waktu tinggal paling baik pada pengolahan ini adalah enam hari dengan nilai BOD 22,26 mg/L dan efisiensi penurunan sebesar 65,74%. Nilai COD 61 mg/L dan efisiensi penurunan sebesar 72,79%. Nilai Cr-Total 2,98 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 93,23%. Berat basah tanaman yang paling baik menurunkan kadar BOD, COD dan Cr-Total adalah 150 gram. Nilai BOD yaitu 24,07 mg/L dan efisiensi penurunan sebesar 62,97%. Nilai COD 67,87 mg/L dan efisiensi penurunan sebesar 69,72%. Nilai Cr-Total 4,13 mg/L dan efisiensi penurunan Cr-Total sebesar 90,58%. Menurut Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 hanya BOD dan COD yang memenuhi baku mutu, sedangkan Cr-Total tidak memenuhi baku mutu.

Kata kunci: air limbah elektroplating, *Azolla microphylla*, fitoremediasi

PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan akan produk yang menggunakan proses pelapisan logam /elektroplating mendorong berkembangnya industri elektroplating yang berada di Indonesia khususnya di Daerah Istimewa Yogyakarta. Pelapisan logam diaplikasikan antara lain dalam industri elektronik, cindermata, peralatan rumah tangga, otomotif dan lain-lain. Terdapat ± 30 industri

kecil penyepuhan perak dan ± 10 industri kecil pelapisan logam krom dan nikel di

Yogyakarta. Proses pelapisan logam bertujuan untuk memberikan perlindungan dari karat dan memberikan efek mengkilap pada besi serta baja. Industri pelapisan logam menghasilkan limbah cair dan padat pada proses produksinya. Limbah padat yaitu serbuk besi dari penghalusan logam yang akan dilapisi, sedangkan limbah cair berasal dari air bilasan dan larutan pembersih maupun larutan plating yang telah kotor/jenuh. Hampir semua industri kecil pelapisan logam belum mengolah limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Berbagai

limbah tersebut apabila tidak dikelola dengan baik dan benar sangat berbahaya bagi kesehatan masyarakat sekitar maupun lingkungan.

Air limbah industri elektroplating umumnya banyak mengandung logam-logam berat, diantaranya adalah logam kromium (Cr). Limbah cair yang mengandung krom heksavalen (Cr VI) dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan. Pembuangan langsung air limbah elektroplating tanpa diolah terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran kepada mikroorganisme dan lingkungannya baik dalam bentuk larutan, koloid maupun partikel lainnya. Krom heksavalen bersifat lebih toksik dari krom trivalen karena sifatnya yang lebih stabil. Selain Cr, limbah cair industri elektroplating mengandung logam berat antara lain Sn, Pb, Cd, Zn, Cu dan Ni. Limbah ini jika langsung dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu akan menimbulkan dampak negatif terhadap komponen-komponen lingkungan, sehingga akan menurunkan kualitas lingkungan. Dampak langsung yang ditimbulkan oleh air limbah industri pelapisan logam apabila tidak dikelola dengan benar adalah menurunnya kualitas badan air, dan dampak jangka panjang dapat memicu timbulnya penyakit kanker, karena sebagian besar bahan baku industri logam bersifat karsinogenik (Widayat, 2010).

Menurut Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan dan Jasa Pariwisata, disebutkan bahwa limbah cair yang mengandung krom total yang dibuang ke lingkungan tidak boleh melebihi ambang batas yang ditetapkan yaitu 0,5 ppm, sedangkan untuk krom heksavalen tidak boleh melebihi 0,3 ppm.

Untuk menghindari kerusakan lingkungan, limbah cair yang mengandung logam berat harus diolah terlebih dahulu. Alternatif pengolahan yang ditawarkan adalah dengan fitoremediasi yang merupakan proses penurunan kadar zat pencemar dengan menggunakan tanaman sebagai indikatornya. Penelitian tentang tanaman air yang memiliki kemampuan menyerap dan mengakumulasi logam berat telah banyak dilakukan. Salah satu jenis tanaman air yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair atau fitoremediasi logam berat adalah *Azolla microphylla*. Dengan teknik fitoremediasi ini diharapkan *Azolla microphylla* mampu mereduksi

kandungan bahan pencemar yang terdapat pada limbah industri elektroplating.

Industri pelapisan logam menghasilkan limbah cair dan padat pada produksinya. Limbah padat yaitu serbuk besi dari penghalusan logam yang akan dilapisi, sedangkan limbah cair berasal dari air bilasan dan larutan pembersih maupun larutan plating yang telah kotor/jenuh yang dibuang. Berbagai limbah tersebut apabila tidak ada pengolahan dan langsung dibuang akan menyebabkan pencemaran lingkungan yang semakin lama semakin parah (Sunardi, Roselini, 2011). Logam berat dikategorikan sebagai bahan berbahaya dan beracun (B3). Kontaminan logam berat bersifat akumulatif akan terus bertambah kemudian mengendap di sedimen atau bahkan terakumulasi pada biota air, terutama pada ikan (Fahrudin, 2014). Salah satu contoh B3 adalah kromium, kromium trivalen merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan dan hewan, sedangkan kromium heksavalen bersifat toksik. Keracunan kromium dapat mengganggu fungsi hati, ginjal, pernafasan dan mengakibatkan terjadinya kerusakan kulit (Effendi, 2003). Paparan kromium biasanya melibatkan garam kromat seperti Na_2CrO_4 . Garam ini cenderung larut dalam air dan mudah diserap ke dalam aliran darah melalui paru-paru. Karsinogenisitas kromat telah ditunjukkan oleh studi pada pekerja yang terpapar. Paparan kromat dapat menyebabkan kanker paru-paru dengan masa laten 10-15 tahun (Manahan, 1999).

Menurut Rosiana dkk (2007) fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan dan mikroorganisme untuk minimalisasi dan mendetoksifikasi polutan karena tanaman mempunyai kemampuan menyerap logam dan mineral yang tinggi atau sebagai fitoakumulator dan fitochelator. Jadi fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik (Wijayanti, 2012). Banyak penelitian yang telah dilaporkan tentang kemampuan tanaman air dalam menyerap dan mengakumulasi logam berat. Beberapa tanaman merupakan akumulator logam yang spesifik, misalnya *Salvinia natans* merupakan akumulator yang baik untuk Hg dan *Lenma polyrrhyza* merupakan akumulator yang baik untuk Zn. *Lemna minor* dan *Azolla pinata* merupakan akumulator yang baik untuk Fe dan Cu. Ada pula beberapa tanaman yang dapat menyerap beberapa jenis logam. *Pistia*

stratiotes dapat menyerap dan mengakumulasi Hg, Cu dan As. *Ceratophyllum demersum*, *Spirodela ptyrrhyza*, *Bacopa monnieri*, *Hygrophorhiza aristata* dapat menyerap dan mengakumulasi Cu, Cr, Fe, Mn, Cd dan Pb. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan salah satu jenis tanaman yang sering digunakan dalam fitoremediasi logam berat (Fahrudin, 2014). *Azolla* berpotensi sebagai biofilter dalam pengelolaan limbah yang mengandung logam berat. Untuk lahan pertanian, pengelolaan pencemaran limbah bukan sekedar untuk menjaga produktivitas tanaman saja, tetapi lebih dari itu yaitu untuk menjamin kualitas produk yang aman bagi kesehatan dan juga menjaga daya saing produk pertanian di pasar global (Munarso, 2003).

Azolla microphylla telah dimanfaatkan sebagai upaya perbaikan kualitas air limbah dan dapat menurunkan kadar fosfat yaitu 27,81 mg/L menjadi 0,96 mg/L dalam limbah cair domestik dengan berat basah tanaman 90 g yang dikontakkan dengan 6 liter air limbah selama 7 hari (Yuliani, 2001). Selain itu, Muhammad (2015) juga sudah memanfaatkan *Azolla microphylla* telah menurunkan kadar logam berat (Zn) dalam air limbah. Berat *Azolla microphylla* yang digunakan adalah 30g/L air limbah dan telah terbukti mampu menurunkan kandungan Zn yang terbaik dalam air yaitu sebesar 57,69 % dalam 15 hari.

Penelitian ini dibatasi pada pengolahan air limbah industri elektroplating dengan parameter BOD, COD dan Cr-Total. Tanaman *Azolla microphylla* yang digunakan dengan variasi berat basah 70, 90, 110, 130, 150 gram dan variasi waktu tinggal 2, 4, 6, 8 serta 10 hari. Tujuan penelitian penelitian ini adalah: 1) Mengetahui pengaruh waktu tinggal *Azolla microphylla* dalam menurunkan kadar BOD, COD dan Cr-Total pada limbah cair industri elektroplating. 2) Mengetahui pengaruh berat basah *Azolla microphylla* dalam menurunkan kadar BOD, COD dan Cr-Total pada limbah cair industri elektroplating. 3) Mengetahui kadar BOD, COD dan Cr-Total limbah cair industri elektroplating yang telah diolah dan membandingkannya dengan baku mutu limbah cair elektroplating menurut Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016

HASIL DAN PEMBAHASAN

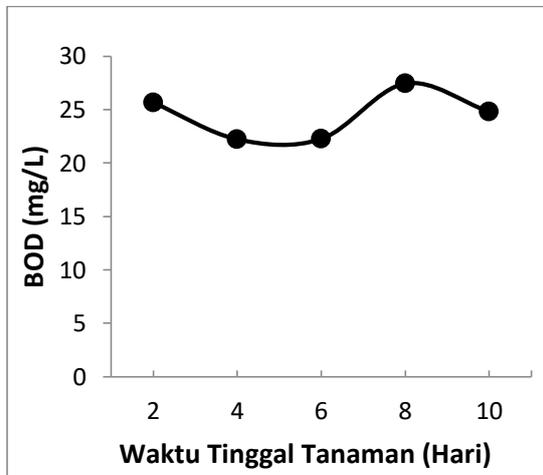
Air limbah yang dihasilkan oleh salah satu industri kecil elektroplating di Yogyakarta adalah 1.500 L per hari, dengan kapasitas produksi $\pm 30 \text{ m}^2$ per hari.

Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 7 Tahun 2016 debit/volume melebihi baku mutu adalah 20L/m². Parameter yang diukur saat sampling adalah pH dan suhu. Nilai pH yaitu 5 dan suhu sebesar 25 °C. Parameter yang diuji sebelum pengolahan yaitu BOD, COD dan Cr-Total. Kadar BOD sebelum pengolahan sebesar 65 mg/L, sedangkan COD sebesar 224,2 mg/L dan Cr-Total sebesar 43,87 mg/L. Kadar BOD, COD dan Cr-Total sebelum pengolahan masih diatas baku mutu menurut Peraturan Gubernur DIY No. 7 Tahun 2016,

Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 7 Tahun 2016, kadar BOD pada air limbah elektroplating sebelum pengolahan melebihi baku mutu yaitu sebesar 65 mg/L. Kadar BOD air limbah elektroplating sebelum dan setelah pengolahan dengan variasi waktu tinggal dapat dilihat pada tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut dapat terlihat bahwa penurunan kadar BOD yang signifikan terjadi sampai hari ke empat. Rata-rata kadar BOD pada air limbah elektroplating pada hari ke dua sebesar 25,7 mg/L. Pada hari ke empat kadar BOD mengalami penurunan sebesar 3,47 mg/L sehingga rata-rata kadar BOD menjadi 22,23 mg/L. Pada hari ke enam, ke delapan dan ke sepuluh kadar BOD mengalami kenaikan sebesar 0,03 mg/L, 5,2 mg/L dan 2,57 mg/L. Grafik hubungan kadar BOD air limbah elektroplating dengan waktu tinggal tanaman dapat dilihat pada gambar 1.

Salah satu mekanisme tanaman dalam proses remediasi adalah *fitodegradasi*. Menurut Stowel (2016), *fitodegradasi* adalah metabolisme bahan pencemar di dalam jaringan tumbuhan. Penurunan kadar BOD sampai pada hari keempat terjadi karena bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah elektroplating diserap oleh *Azolla microphylla* untuk proses metabolisme atau disebut *fitodegradasi*. Bahan-bahan organik ini berupa bahan yang dapat didegradasi secara biologi maupun dapat didegradasi secara kimiawi. Bahan-bahan organik tersebut diuraikan oleh mikroorganisme yang hidup pada akar tanaman. Pada proses *rhizofiltrasi*, akar tanaman menyerap bahan-bahan organik yang terlarut di dalam air limbah yang telah diuraikan oleh mikroorganisme. Dengan demikian bahan-bahan organik yang terdapat di dalam limbah akan berkurang. Mikroorganisme yang terdapat pada akar tanaman semakin lama semakin berkurang karena bahan-bahan organik dalam air limbah yang merupakan nutrisi

mikroorganismenya diserap oleh *Azolla microphylla* melalui akar. Jumlah mikroorganismenya yang semakin sedikit menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik. Hal ini terukur sebagai penurunan kadar BOD.



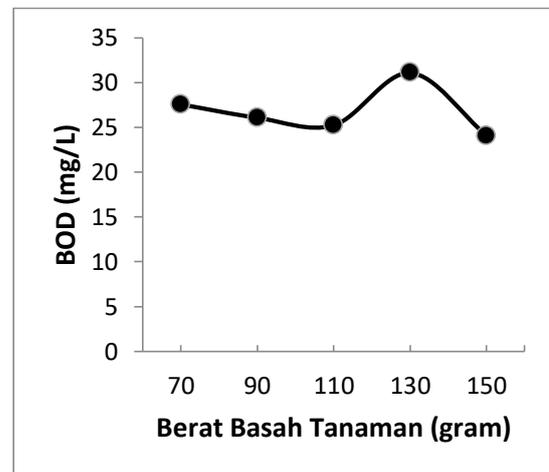
Gambar 1. Grafik hubungan kadar BOD air limbah elektroplating dan waktu tinggal tanaman

Pada waktu tinggal 6 hari, 8 hari dan 10 hari, kadar BOD pada air limbah elektroplating menunjukkan kenaikan. Dalam proses fitoremediasi terjadi proses rhizofiltrasi yaitu memanfaatkan kemampuan akar tanaman untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi polutan dalam air limbah. Kenaikan kadar BOD disebabkan karena adanya tambahan bahan organik yang berasal dari pembusukan akar tanaman. Penurunan kadar BOD paling tinggi terjadi pada waktu tinggal 4 hari dengan efisiensi penurunan sebesar 65,79%. Hubungan kadar BOD dalam air limbah elektroplating dengan waktu tinggal, setelah dianalisis menggunakan uji korelasi dengan program SPSS, didapatkan koefisien korelasi sebesar 0,239. Hal ini berarti waktu tinggal memiliki korelasi yang rendah atau kurang signifikan dengan kadar BOD.

Kadar BOD air limbah elektroplating sebelum dan setelah pengolahan dengan variasi berat basah tanaman dengan lama waktu tinggal tanaman selama 4 hari dapat dilihat pada tabel 2. Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa penurunan kadar BOD fluktuatif. Penurunan kadar BOD tertinggi pada berat basah tanaman 150 gram yaitu

mencapai kadar rata-rata 24,07 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 62,97 %.

Air limbah elektroplating yang telah diberi tanaman *Azolla microphylla* dengan variasi berat basah tanaman antara 70-150 gram menyebabkan kadar BOD yang fluktuatif. Hal ini terjadi karena pada penelitian ini digunakan berat basah tanaman secara total yaitu akar dan daun. Grafik hubungan kadar BOD air limbah elektroplating dengan berat basah tanaman dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan kadar BOD air limbah elektroplating dan berat basah tanaman

Seperti yang diungkapkan Reed (2005), salah satu proses fitoremediasi adalah *rhizofiltrasi* yang merupakan pemanfaatan kemampuan akar tanaman untuk menyerap, mengendapkan, mengakumulasi polutan atau logam berat dari aliran limbah. Akar berfungsi sebagai organ penyerap dan penyalur unsur-unsur hara sehingga akumulasi logam dan bahan lainnya akan lebih tinggi pada akar dibandingkan pada daun. Sehingga yang memiliki pengaruh dominan terhadap degradasi senyawa organik dalam air limbah elektroplating adalah akar tanaman. Jumlah akar yang tidak sama akan menyebabkan variasi absorbansi. Berat basah tanaman dan kadar BOD memiliki korelasi negatif yaitu 0,115. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai berat basah tanaman, maka kadar BOD dalam air limbah elektroplating semakin kecil dan tidak signifikan.

Tabel 1. Kadar BOD air limbah elektroplating sebelum dan setelah fitoremediasi dengan variasi waktu tinggal

Waktu Tinggal (Hari)	Dengan Tanaman (mg/L)			Rata-rata (mg/L)	Tanpa Tanaman (mg/L)	Penurunan (%)
	I	II	III			
2	23	29	25	25,7	65	60,51
4	23	22,6	21,1	22,23	61,7	65,79
6	27,2	19,4	20,2	22,26	84,4	65,74
8	27,4	25,5	29,4	27,43	61	57,79
10	23,8	25,8	24,8	24,8	71,4	61,85
Sebelum Pengolahan = 65 mg/L						
Baku Mutu = 50 mg/L						

Tabel 2. Kadar BOD air limbah elektroplating sebelum dan setelah fitoremediasi dengan variasi berat basah tanaman

Berat Basah Tanaman (gram)	Ulangan (mg/L)			Rata-rata (mg/L)	Penurunan (%)
	I	II	III		
70	29,7	21,2	31,8	27,57	57,59
90	31,8	21,2	25,2	26,07	59,89
110	26	25,6	24,1	25,23	61,18
130	33,9	33,9	25,5	31,10	52,15
150	25,5	27,6	19,10	24,07	62,97
Sebelum Pengolahan = 65 mg/L					
Baku Mutu = 50 mg/L					

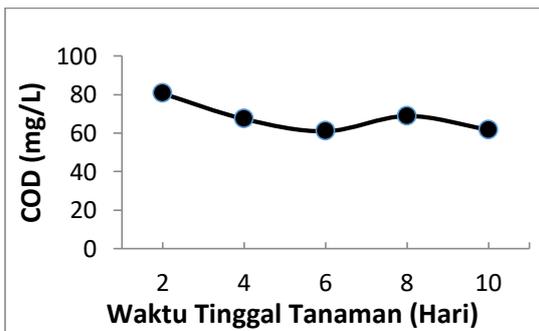
Tabel 3. Kadar COD air limbah elektroplating sebelum dan setelah fitoremediasi dengan variasi waktu tinggal

Waktu Tinggal (Hari)	Dengan Tanaman (mg/L)			Rata-rata (mg/L)	Tanpa Tanaman (mg/L)	Penurunan (%)
	I	II	III			
2	84,2	86,7	71,3	80,73	224,2	63,99
4	63,2	71,1	68	67,63	186,8	69,92
6	66,2	57,3	59,5	61	204,3	72,79
8	69,1	68,7	69,1	68,97	176,8	69,24
10	60,2	64,7	60,5	61,8	196,8	72,43
Sebelum Pengolahan = 224,2 mg/L						
Baku Mutu = 125 mg/L						

Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 7 Tahun 2016, kadar COD pada air limbah elektroplating sebelum pengolahan melebihi baku mutu yaitu sebesar 224,2 mg/L. Kadar COD air limbah elektroplating sebelum dan setelah pengolahan dengan variasi waktu tinggal dapat dilihat pada tabel 3. Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa

penurunan kadar COD yang signifikan terjadi sampai pada hari ke enam. Rata-rata kadar COD pada air limbah elektroplating pada hari kedua sebesar 80,73 mg/L. Pada hari ke enam kadar COD mengalami penurunan sebesar 19,73 mg/L sehingga rata-rata kadar COD menjadi 61 mg/L. Pada hari ke delapan kadar COD mengalami kenaikan sebesar 7,79 mg/L.

Penurunan kadar COD sampai pada hari ke enam terjadi karena senyawa kimia organik dan anorganik yang terkandung dalam air limbah elektroplating mengalami penurunan akibat diserap oleh *Azolla microphylla* untuk proses metabolisme. Hal tersebut mengakibatkan terhambatnya proses-proses kimiawi dalam air limbah yang membutuhkan banyak oksigen melalui mekanisme oksidasi yang dilakukan oleh mikroorganisme. Grafik hubungan kadar COD air limbah elektroplating dengan waktu tinggal tanaman dapat dilihat pada gambar 3.

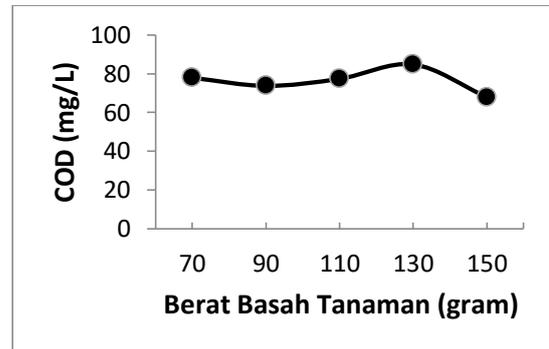


Gambar 3. Grafik hubungan kadar COD air limbah elektroplating dan waktu tinggal tanaman

Kadar COD pada waktu tinggal 8 hari mengalami kenaikan hingga mencapai 68,97 mg/L. Dalam proses fitoremediasi terjadi proses *rhizofiltrasi* yaitu memanfaatkan kemampuan akar tanaman untuk menyerap, mengendapkan dan mengakumulasi polutan dalam air limbah. Adanya tambahan bahan organik yang berasal dari pembusukan akar tanaman, tidak hanya meningkatkan kadar BOD tetapi juga meningkatkan kadar COD. Penurunan kadar COD paling tinggi terjadi pada waktu tinggal 6 hari dengan efisiensi penurunan 72,79%. Hubungan kadar COD dalam air limbah elektroplating dengan waktu tinggal, setelah dianalisis menggunakan uji korelasi dengan program SPSS, didapatkan koefisien korelasi sebesar -0,73. Hal ini berarti waktu tinggal memiliki korelasi yang cukup kuat atau cukup signifikan dengan kadar COD.

Kadar COD air limbah elektroplating sebelum dan setelah pengolahan dengan variasi berat basah tanaman dengan lama waktu tinggal tanaman 6 hari dapat dilihat pada tabel 4. Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa penurunan kadar COD fluktuatif. Penurunan kadar COD tertinggi pada berat basah tanaman 150 gram yaitu mencapai kadar rata-rata 67,87 mg/L dengan

efisiensi penurunan sebesar 69,72 %. Grafik hubungan kadar COD air limbah elektroplating dengan berat basah tanaman dapat dilihat pada gambar 4.

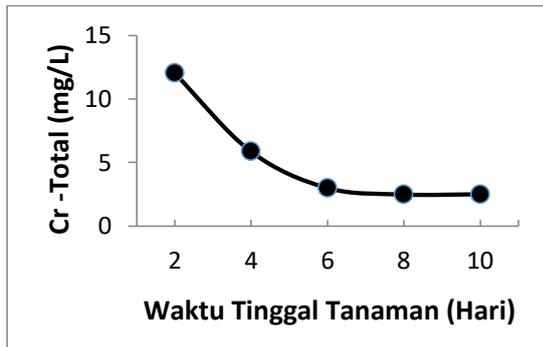


Gambar 4. Grafik hubungan kadar COD air limbah elektroplating dan berat basah tanaman

Air limbah elektroplating yang telah diolah dengan berbagai variasi berat basah tanaman menghasilkan kadar COD yang fluktuatif. Hal ini terjadi karena pada penelitian ini digunakan berat basah tanaman secara total yaitu akar dan daun. Akar berfungsi sebagai organ penyerap dan penyalur unsur-unsur hara sehingga akumulasi logam dan bahan lainnya akan lebih tinggi pada akar dibandingkan pada daun. Sehingga yang memiliki pengaruh dominan terhadap degradasi senyawa organik dan anorganik dalam air limbah elektroplating adalah akar tanaman. Jumlah akar yang tidak sama akan menyebabkan variasi absorbansi. Berat basah tanaman dan kadar COD memiliki korelasi yaitu 0,680. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai berat basah tanaman, kadar COD dalam air limbah elektroplating semakin kecil.

Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 7 Tahun 2016, kadar Cr-Total pada air limbah elektroplating sebelum pengolahan melebihi baku mutu yaitu sebesar 43,87 mg/L. Kadar Cr-Total air limbah elektroplating sebelum dan setelah pengolahan dengan variasi waktu tinggal dapat dilihat pada tabel 5. Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa penurunan kadar Cr-Total yang signifikan terjadi sampai pada hari ke delapan. Penurunan Cr-Total pada air limbah elektroplating pada hari ke dua sebesar 72,59 %. Pada hari ke delapan kadar Cr-Total mengalami penurunan sebesar 10,56 mg/L sehingga penurunan Cr-Total menjadi 94,38 %. Pada hari ke sepuluh kadar Cr-Total mengalami kenaikan sebesar

0,02 mg/L. Grafik hubungan waktu tinggal dengan kadar Cr-Total air limbah elektroplating dapat dilihat pada gambar 5.



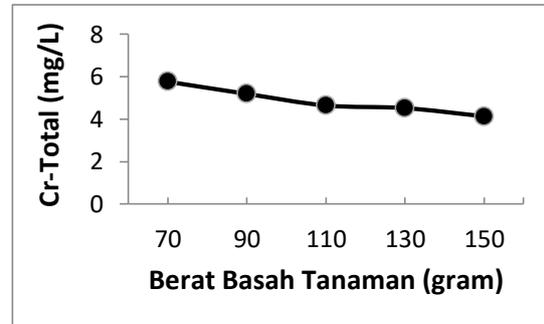
Gambar 5. Grafik hubungan kadar Cr-Total air limbah elektroplating dan waktu tinggal tanaman

Kadar Cr-Total di dalam air limbah elektroplating secara signifikan menurun sampai hari ke delapan. Hal ini terjadi karena *Azolla microphylla* dapat menyerap logam berat Cr-Total melalui akar untuk kemudian logam berat diakumulasi pada organ tanaman *Azolla microphylla* yaitu akar dan daun, proses ini juga disebut fitoekstraksi. Sesuai dengan pendapat Reed (2005) yang menyatakan bahwa penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi dari akar ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut.

Pada hari ke sepuluh kadar Cr-Total mengalami kenaikan sebesar 0,02 mg/L. Hal ini dikarenakan banyaknya akar yang membusuk dan tenggelam sehingga logam berat yang masih terakumulasi didalam akar ikut ke dasar perairan. Penurunan kadar Cr-Total paling tinggi terjadi pada waktu tinggal 8 hari dengan efisiensi penurunan 94,98%. Hubungan kadar Cr dalam air limbah elektroplating dengan waktu tinggal, setelah dianalisis menggunakan uji korelasi dengan program SPSS, didapatkan koefisien korelasi sebesar -0,889. Hal ini berarti waktu tinggal memiliki korelasi yang cukup kuat atau cukup signifikan dengan kadar Cr.

Kadar Cr-Total air limbah elektroplating sebelum dan setelah pengolahan dengan variasi berat basah tanaman dengan waktu tinggal selama 8 hari dapat dilihat pada tabel 6. Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa kadar Cr-Total

mengalami penurunan. Penurunan nilai Cr-Total tertinggi pada berat basah tanaman 150 gram yaitu mencapai kadar rata-rata 4,13 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 90,58%. Air limbah elektroplating yang telah diolah dengan berbagai variasi berat basah tanaman menghasilkan penurunan pada kadar Cr-Total. Grafik hubungan antara berat basah tanaman dengan kadar Cr-Total air limbah elektroplating dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan kadar Cr-Total air limbah elektroplating dengan berat basah tanaman

Azolla microphylla merupakan tanaman hiperakumulator yang mampu menyerap logam berat. Akar berfungsi sebagai organ penyerap dan penyalur unsur-unsur hara sehingga akumulasi logam lebih tinggi pada akar. Jumlah berat basah tanaman mempengaruhi berapa banyak logam berat yang dapat diserap dan diakumulasi oleh tanaman *Azolla microphylla*. Berat basah tanaman dan kadar Cr-Total memiliki korelasi negatif yang signifikan yaitu sebesar 0,969. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai berat basah, kadar Cr-Total dalam air limbah elektroplating semakin kecil.

Setelah dikontakkan dengan air limbah elektroplating pada tanaman *Azolla microphylla* terjadi perubahan kondisi fisik yaitu pada warna daun tanaman *Azolla microphylla*. Perubahan fisik tanaman berupa warna daun dengan variasi waktu tinggal dapat dilihat pada tabel 7. Menurut Effendi (2003) kromium trivalen merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan dan hewan, sedangkan kromium heksavalen bersifat toksik. Logam berat dengan jumlah berlebih yang terkandung dalam air limbah elektroplating dapat menyebabkan efek toksik pada tanaman. Cr-Total yang telah terakumulasi dalam tanaman selama penelitian telah menunjukkan tanda-tanda keracunan pada tanaman.

Tabel 4. Kadar COD air limbah elektroplating sebelum dan setelah fitoremediasi dengan variasi berat basah tanaman

Berat Basah Tanaman (gram)	Ulangan (mg/L)			Rata-rata (mg/L)	Penurunan (%)
	I	II	III		
70	81,7	62,8	89,1	77,87	65,26
90	89,5	58,4	73,2	73,7	67,13
110	78,2	73,3	80,5	77,33	65,51
130	78,7	101,8	73,9	84,8	62,18
150	70,2	80,6	52,8	67,87	69,72
Sebelum Pengolahan = 224,2 mg/L					
Baku Mutu = 125 mg/L					

Tabel 5. Kadar Cr-Total air limbah elektroplating sebelum dan setelah fitoremediasi dengan variasi waktu tinggal

Waktu Tinggal (Hari)	Dengan Tanaman (mg/L)			Rata-rata (mg/L)	Tanpa Tanaman (mg/L)	Penurunan (%)
	I	II	III			
2	10,45	13,32	12,30	12,02	43,87	72,59
4	5,78	6,07	5,69	5,85	28,13	86,67
6	2,86	3,06	3,01	2,98	32,51	93,23
8	2,32	2,66	2,41	2,46	28,34	94,38
10	2,66	2,12	2,66	2,48	29,13	94,35
Sebelum Pengolahan = 43,87 mg/L						
Baku Mutu = 0,5 mg/L						

Tabel 6. Kadar Cr-Total air limbah elektroplating sebelum dan setelah fitoremediasi dengan variasi berat basah tanaman

Berat Basah Tanaman (gram)	Ulangan (mg/L)			Rata-rata (mg/L)	Penurunan (%)
	I	II	III		
70	5,14	5,97	6,19	5,77	86,84
90	5,39	5,16	5,03	5,19	88,16
110	4,86	4,06	5,01	4,64	89,41
130	4,89	4,26	4,39	4,52	89,69
150	4,58	3,41	4,39	4,13	90,58
Sebelum Pengolahan = 43,87 mg/L					
Baku Mutu = 0,5 mg/L					

Tabel 7. Warna daun tanaman *Azolla microphylla* sebelum dan setelah dikontakkan dengan air limbah pada variasi waktu tinggal

Waktu Tinggal (Hari)	Warna Daun	
	Sebelum Dikontakkan Air Limbah	Setelah Dikontakkan Air Limbah
2	Hijau Segar	Hijau
4	Hijau Segar	Hijau agak kekuningan
6	Hijau Segar	Kuning kecoklatan
8	Hijau Segar	Coklat
10	Hijau Segar	Coklat

Hal ini dapat dilihat dari warna daun *Azolla microphylla*. Semakin lama waktu tinggal tanaman di dalam limbah electroplating, maka warna daun yang semula hijau menjadi kuning kemudian menjadi berwarna coklat bahkan tanaman *Azolla microphylla* akhirnya mati.

KESIMPULAN

Tanaman *Azolla microphylla* memiliki potensi dan pengaruh yang cukup signifikan untuk menurunkan kadar bahan pencemar dalam air limbah elektroplating. Waktu tinggal tanaman paling baik untuk menurunkan kadar BOD, COD dan Cr-Total adalah 6 hari dengan penurunan BOD sebesar 65,79 %, penurunan COD sebesar 72,79 % dan penurunan Cr-Total sebesar 93,23 %. Berat basah tanaman yang paling baik untuk menurunkan kadar BOD, COD dan Cr-Total adalah 150 gram dengan penurunan BOD sebesar 62,97 %, penurunan COD sebesar 69,72% dan penurunan Cr-Total sebesar 90,58%. Berdasarkan waktu tinggal tanaman yang paling baik yaitu selama 6 hari, kadar BOD, COD, Cr-Total mengalami penurunan, dengan nilai BOD 22,26 mg/L, COD 61 mg/L dan Cr-Total 2,98 mg/L. Berdasarkan berat basah tanaman, waktu tinggal yang paling baik yaitu selama 6 hari, kadar BOD, COD, Cr-Total mengalami penurunan, dengan nilai BOD 24,07 mg/L, COD 67,87 mg/L dan Cr-Total 4,13 mg/L. Kadar BOD, COD dan Cr-Total limbah cair industri elektroplating setelah dilakukan fitoremediasi dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016, hanya BOD dan COD yang memenuhi baku mutu, sedangkan Cr-Total tidak memenuhi baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Fahrudin. 2014. *Bioteknologi Lingkungan*. Alfabeta, Bandung.
- Manahan, Stanley E. 1999. *Toxicological Chemistry*. Lewis Publishers, Michigan.
- Muhammad, Fahri. 2015. *Bioremoval Azolla Microphylla Sebagai Alternatif Penanggulangan Alternatif Logam*

- Berat (Zn) Dalam Media Budidaya. Universitas Riau, Riau.
- Munarso, S.J. 2003. *Peranan Lingkungan Pertanian dalam Antisipasi Perdagangan Internasional Komoditas Unggulan*. Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Pertanian. UNS, Surakarta.
- Peraturan Gubernur DIY. 2016. *Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri, Pelayanan Kesehatan dan Jasa Pariwisata*, Yogyakarta.
- Rosianna, N., Supriatun, T., dan Dhahiyat. 2007. *Fitoremediasi Limbah Cair Dengan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes (Mart) Solms) Dan Limbah Padat Industri Minyak Bumi Dengan Sengon (Paraserianthes Falcataria L. Nielsen) Bermikoriza*. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Jawa Barat.
- Reed, S. C., 2005. *Natural System Of Waste Managemen And Treatment*. McGraw. New York: H11 Book Company.
- Stowel, RR. 2000. *Toward The Rational Design of Aquatic Treatmwnths of Wastewater*. California: University of California
- Sunardi, Roselini RPZ. 2011. *Pemanfaatan Serbuk Besi Untuk Penurunan Krom(VI) Limbah Cair Industri Pelapisan Logam*. Jurnal EKOSAINS Vol. III No. 3. Universitas Setia Budi, Surakarta.
- Widayat, Wahyu. 2010. *Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Pelapisan Logam*. Pusat Teknologi Lingkungan, BPP Teknologi, Jakarta.
- Wijayanti, D.W. 2012. *Penyerapan N Total dari Leachate oleh Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) : Laju Penyerapan dan Pertumbuhan Tanaman*. Tesis S2, Teknik Kimia UGM, Yogyakarta.
- Yuliani, Ni Nyoman. 2001. *Upaya Prbaikan Kualitas Air Limbah Rumah Tangga dengan Filtrasi Saringan Pasir Cepat dan Penanaman Azolla microphylla di Kampung Sorowajan Yogyakarta*. Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, Yogyakarta.