

PENGARUH KERAPATAN TANAMAN ECENG GONDOK (*EICHORNIA CRASSIPES*) TERHADAP PENURUNAN LOGAM CHROMIUM PADA LIMBAH CAIR PENYAMAKAN KULIT

The Influence Of Plant Density Water Hyacinth (Eichornia Crassipes) Againsts Metal Loss Chromium In Tannery Waste Liquid

Putri Indah Hartanti¹, Alexander Tunggul Sutan Haji^{2*}, Ruslan Wirosuedarmo²

¹Mahasiswa Keteknikan Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145

²Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 56145

*Email Korespondensi: alexandersutan@ub.ac.id

ABSTRAK

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah berbahaya berupa padatan maupun cairan yang mengandung logam chromium. Metode yang digunakan untuk meremediasi logam chromium tersebut adalah fitoremediasi. Tanaman yang berpotensi menjadi fitoremediator logam berat adalah eceng gondok (*Eichornia Crassipes*). Pengamatan dilakukan pada hari ke-7, hari ke-14, hari ke-21 dan hari ke-28. Parameter yang diamati adalah konsentrasi chromium, nilai oksigen terlarut (DO), nilai derajat keasaman (pH) dan nilai suhu. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) dalam proses fitoremediasi pada limbah cair penyamakan kulit dapat turun pada hari ke 28 sehingga konsentrasi chromium pada kerapatan tanaman 6 individu sebesar 2.23 mg L⁻¹, pada kerapatan tanaman 4 individu sebesar 2.20 mg L⁻¹, dan kerapatan tanaman 2 individu sebesar 2.14 mg L⁻¹. Selain itu dapat menurunkan nilai derajat keasaman pada hari ke-28 sebesar 5.42 mg L⁻¹ dengan kerapatan tanaman 6 individu. Sedangkan nilai oksigen terlarut dapat naik pada hari ke-28 sebesar 5.99 mg L⁻¹ dengan kerapatan tanaman 6 individu. Nilai suhu naik menjadi 26.30 °C pada kerapatan tanaman 6 individu.

Kata Kunci : Eceng gondok, Limbah cair penyamakan kulit, Fitoremediasi, Chromium

Abstract

Tannery industry is one of the industry that it produces dangerous waste in the form of solid or liquid waste containing chromium metal. The method that can be used to remediate chromium is phytoremediation. Plants that could potentially be phytoremediator heavy metals is water hyacinth. Observations made on the 7th day, the 14th, the day of the 21st and the 28th day. The Parameter value is the observed value of Chromium, DO, pH and temperature. The results of the study showed that the density of plant water hyacinth (Eichornia Crassipes) in the process of fitoremediasi in liquid waste tannery can descend on the 28th so concentration chromium on plants density 6 individuals amounted to 2.23 mg L⁻¹, on 4 individual plant density of 2.20 mg L⁻¹, and the density of plant 2 individuals of 2.14 mg L⁻¹. Moreover, it can lower the pH value on the 28th day of 5.42 mg L⁻¹ with 6 individual plant density. While the value of DO can take on the 28 of 5.99 mg L⁻¹ with 6 individual plant density. The value of the temperature rose to 26.30 °C 6 plants on the density of individuals.

Keywords: Water hyacinth, Liquid waste tannery, Phytoremediation, Chromium

PENDAHULUAN

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah berbahaya berupa padatan maupun cairan yang keduanya menimbulkan dampak pencemaran bagi lingkungan. Industri penyamakan kulit sebagian besar menggunakan proses *chrome tanning* yang menghasilkan limbah cair yang mengandung chromium. Logam berat tidak dapat didegradasi, sehingga untuk melakukan remediasi area yang tercemar oleh logam berat dilakukan secara fisik, kimawi ataupun biologis namun metode tersebut mahal, tidak efektif dan berdampak negatif bagi lingkungan (Lasat, 2002). Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan pemulihan (remediasi) yang mudah, murah dan efisien agar lahan yang tercemar logam berat dapat digunakan kembali untuk berbagai kegiatan dengan aman.

Salah satu metode remediasi yang dapat digunakan untuk menanggulangi pencemaran logam chromium adalah fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan teknik pemulihan lahan tercemar dengan menggunakan tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, dan mentransformasi bahan pencemar, baik itu logam berat maupun senyawa organik. Metode ini mudah diaplikasikan, efisien, murah, dan ramah lingkungan (Schnoor and McCutcheon, 2003). Tanaman yang berpotensi menjadi fitoremediator logam berat dalam pengolahan limbah adalah eceng gondok (*Eichornia Crassipes*).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan fitoremediasi tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk menurunkan kandungan logam Chromium pada limbah cair industri penyamakan kulit dan mengetahui pengaruh kerapatan tanaman eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) dalam menurunkan kandungan logam chromium pada limbah cair industri penyamakan kulit.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah limbah cair penyamakan kulit, air PDAM, tanaman eceng gondok. Peralatan yang

digunakan antara lain bak percobaan yang berasal dari plastik dengan luasan 0.048 m² dan kapasitas 6 liter, pH meter (pH 300 Eutech Cyberscan), DO meter (DO 300 Eutech Cyberscan), gelas ukur, spektromotometri (Perkin Elmer 5100), thermometer digital, timbangan digital, jirigen, kertas label dan botol sampel.

Pengambilan Limbah Cair

Limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari industri penyamakan kulit di Kecamatan Sukun Kota Malang. Limbah cair diambil dari bak penampungan sementara yang mengandung chromium menggunakan jirigen, kemudian dibawa ke laboratorium untuk diuji kandungan awalnya.

Karakteristik Limbah Cair

Limbah cair penyamakan kulit berwarna coklat kehitaman dan keruh serta berbau busuk. Limbah ini memiliki suhu yang cukup tinggi yaitu sebesar 25.8 °C, selain itu juga mempunyai nilai oksigen terlarut yang rendah yaitu sebesar 0.87 mg L⁻¹. Limbah cair penyamakan kulit bersifat basa karena nilai derajat keasaman dari limbah cair penyamakan kulit sebesar 12.48. Konsentrasi chromium dalam limbah cair penyamakan kulit tergolong cukup tinggi, yaitu 2.71 mg L⁻¹, hal ini disebabkan karena hampir sebagian besar proses penyamakan kulit menggunakan chromium dioksida pada proses *chrome tanning*.

Pengambilan dan aklimatisasi Tanaman Eceng Gondok

Tanaman eceng gondok diambil di daerah Bululawang Kota Malang kemudian dilakukan aklimatisasi tanaman dengan air PDAM selama 3 hari dengan tujuan untuk menetralkan tanaman. Tanaman eceng gondok yang digunakan memiliki spesifikasi dengan kriteria : jumlah daun 3-6 lembar, daun yang masih segar dan tidak menguning, panjang daun 3-6 cm, tinggi tanaman 10-14 cm dan berat basah sekitar 15-20 gram.

Pelaksanaan Penelitian

Limbah cair penyamakan kulit diambil sebanyak 4 liter dan dimasukkan ke dalam bak percobaan plastik kemudian ditanami

eceng gondok yang telah diaklimatisasi yaitu 2 individu (K1), 4 individu (K2), dan 6 individu (K3). Penelitian dilakukan dengan tiga kali ulangan dan diamati setiap 7 hari sekali selama 28 hari.

Analisis Sampel

Chromium dianalisis menggunakan metode Spektrofotometri. Menurut Hutagalung (1991), metode pengukuran chromium dilakukan dengan penimbangan 5 ml sampel limbah cair dan ditambahkan 2 ml H_2SO_4 , kemudian ditambah dengan 2 tetes $KMnO_4$ dan dididihkan selama 2 menit. Tahap terakhir yaitu ditambahkan 1 ml Diphenil Carbazid kemudian dikocok hingga homogen dan dibaca dengan spektrofotometer kemudian dicatat nilai absorbansinya.

Oksigen terlarut dianalisis menggunakan DO Meter (DO 300 Eutech Cyberscan) untuk mengetahui kandungan oksigen dalam limbah cair. Derajat keasaman diukur dengan menggunakan pH Meter (pH 300 Eutech Cyberscan) dan nilai suhu diukur dengan thermometer digital.

Analisis Data

Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tiga perlakuan. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran nilai parameter *Chromium*, oksigen terlarut, derajat keasaman dan suhu kemudian dianalisis ragam menggunakan metode Oneway dengan tabel ANOVA dan nilai signifikansi kurang dari alpha (0,05) untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan, dan uji lanjutan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang berbeda.

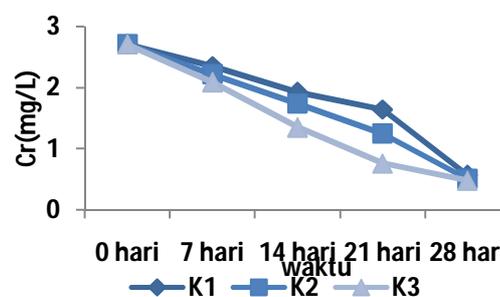
HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Chromium

Kerapatan tanaman berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi chromium. Semakin tinggi tingkat kerapatan tanaman maka semakin kecil pula konsentrasi chromium, hal ini disebabkan karena kandungan chromium pada limbah cair telah diserap oleh akar tanaman eceng gondok dengan kerapatan yang berbeda. Akar tanaman eceng gondok mampu mengikat chromium dikarenakan jumlah akar yang dimiliki

eceng gondok merupakan tipe akar serabut yang lebat.

Proses penyerapan chromium oleh eceng gondok terjadi dalam suatu proses dimana mikroorganisme yang terdapat pada permukaan akar tumbuhan melakukan dekomposisi bahan-bahan organik dan partikel-partikel lain yang menempel pada akar tanaman eceng gondok. Bahan – bahan organik dan partikel – partikel lain sebelum didekomposisi oleh mikroorganisme terlebih dahulu disaring oleh tanaman eceng gondok menggunakan akar seperti bulu berbentuk labirin-labirin yang lembut dan ringan dalam jumlah yang banyak sehingga memudahkan mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan-bahan organik dan partikel-partikel lainnya (Ghopal and Sharma, 1981)



Gambar 1. Konsentrasi Chromium Limbah Cair Penyamakan Kulit

Menurut Priyanto dan Prayitno (2004), proses penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dibagi menjadi tiga proses, yaitu penyerapan oleh akar, translokasi dan lokalisasi. Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (*rizosfer*). Mekanisme penyerapan logam yakni melalui pembentukan zat khelat yang disebut *fitosidorofor*. Molekul fitosidorofor yang terbentuk akan mengikat logam dan membawanya ke dalam sel akar melalui peristiwa transport aktif. Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar. Kedua, translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xylem dan floem) ke

bagian tanaman lainnya. Ketiga, lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman dan mencegah peracunan logam terhadap sel.

Sel-sel akar tanaman umumnya mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari pada medium sekitarnya yang biasanya bermuatan negatif. Penyerapan ini melibatkan energi, sebagai konsekuensi dan keberadaannya, kation memperlihatkan adanya kemampuan masuk ke dalam sel secara pasif ke dalam gradient elektrokimia, sedangkan anion harus diangkut secara aktif ke dalam sel akar tanaman sesuai dengan keadaan gradient konsentrasi melawan gradient elektrokimia (Foth, 1991).

Kemampuan eceng gondok dalam penyerapan karena adanya vakuola dalam struktur sel. Mekanisme penyerapan yang terjadi yaitu dengan adanya bahan-bahan yang diserap menyebabkan vakuola menggelembung, maka sitoplasma terdorong ke pinggiran sel sehingga protoplasma dekat dengan permukaan sel. Hal ini, menyebabkan pertukaran atau penyerapan logam chromium antara sebuah sel dengan sekelilingnya menjadi lebih efisien (Febrianingsih, 2013).

Tumbuhan mempunyai alat pengangkut yang disebut xilem. Tumbuhan tidak memiliki daya memilih makanan yang diserapnya, sehingga makanan yang tersedia dalam air limbah langsung diangkutnya tanpa seleksi. Hal ini menyebabkan tumbuhan tidak dapat memilih unsur apa yang perlu dan merugikan baginya. Kecepatan unsur yang diserap tergantung tinggi konsentrasi suatu unsur. Semakin tinggi konsentrasi suatu unsur maka semakin besar kecepatan pengangkutannya (Sudarnadi, 1996).

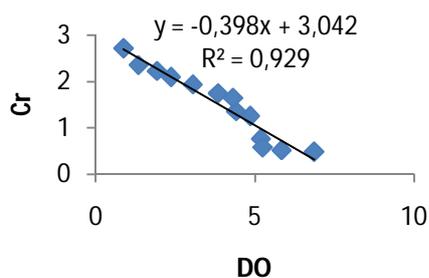
Menurut Niang (1999), air limbah yang mengandung logam akan bermuatan positif dan cara untuk mengikat logam tersebut adalah dengan memasukkan obyek yang bermuatan negatif. Akar tumbuhan bermuatan negatif dan berperan sebagai magnet untuk menarik unsur-unsur bermuatan positif, bahkan akar yang sudah mati atau kering masih mengandung muatan negatif yang cukup besar untuk menarik ion-ion positif dari logam berat.

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut yaitu xilem dan floem ke bagian tubuh yang lain, sedangkan untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Selanjutnya logam ditempatkan pada jaringan tubuh yang lain. Upaya yang dilakukan tumbuhan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi dengan menimbun logam pada bagian tubuh tertentu.

Konsentrasi chromium terendah didapatkan pada lama penyerapan 28 hari. Penyerapan chromium tertinggi yaitu oleh kerapatan tanaman 6 individu (K3) sebesar 2.23 mg L⁻¹, sedangkan pada kerapatan tanaman 4 individu (K2) sebesar 2.20 mg L⁻¹ dan kerapatan tanaman 2 individu (K1) sebesar 2.14 mg L⁻¹. Pada hari ke 28 penyerapan konsentrasi chromium telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001.

Hubungan Konsentrasi Chromium dan Nilai Oksigen Terlarut

Hubungan chromium dengan oksigen terlarut adalah negatif, artinya kenaikan nilai oksigen terlarut akan menurunkan konsentrasi chromium. Persamaan regresi yang terbentuk yaitu $Y = -0.398X + 3.042$ dengan nilai R² sebesar 0.929.



Gambar 2. Hubungan Penurunan Konsentrasi Chromium dengan Kenaikan Nilai Oksigen Terlarut

Konsentrasi chromium pada limbah cair akan menurun sedangkan nilai oksigen terlarut akan naik dengan tingkat kerapatan yang berbeda karena tanaman eceng gondok melakukan proses penyerapan melalui akar sehingga memudahkan mikroorganisme dalam merombak chromium pada air limbah. Proses perombakan yang dilakukan

oleh mikroba aerob membutuhkan oksigen guna merombak bahan logam berat, dan tanaman eceng gondok mampu meningkatkan persediaan oksigen sehingga mikroba perombak dapat melakukan proses pendegradasian senyawa sederhana menjadi amoniak, nitrat, nitrit dan nitrogen.

Menurut Haberl dan Langergraber (2002), proses fotosintesis memungkinkan adanya pelepasan oksigen pada daerah sekitar perakaran (*zona rhizosphere*), sehingga daerah sekitar akar kaya akan oksigen. Kadar oksigen bebas suatu perairan dapat ditentukan oleh adanya aktivitas fotosintesis didalamnya.

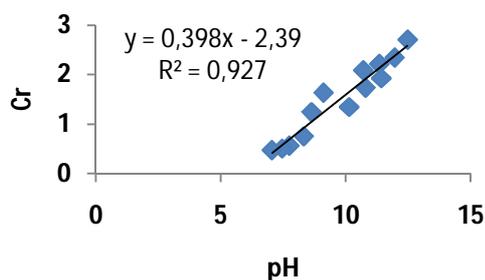
Kenaikan nilai oksigen terlarut disebabkan karena tanaman eceng gondok telah melakukan proses absorpsi melalui akar sehingga memudahkan mikroba perombak bahan logam berat pada limbah cair penyamakan kulit. Terpenuhinya kebutuhan akan amoniak dan nitrogen hasil perombakan bahan organik oleh mikroba perombak akan mempercepat keluarnya akar yang baru sehingga mempercepat penyaringan atau pengikatan logam berat pada limbah cair penyamakan kulit, hal ini berdampak pada peningkatan jumlah oksigen yang dihasilkan oleh tanaman eceng gondok. Oksigen dipenuhi oleh tanaman eceng gondok melalui proses fotosintesis yang didistribusikan melalui akar-akar yang dimiliki untuk memenuhi kebutuhan oksigen bagi mikroorganisme perombak dalam menurunkan chromium.

Hubungan Konsentrasi Chromium dan Nilai Derajat Keasaman

Persamaan regresi yang terbentuk yaitu $Y = 0,398X - 2,39$ dengan nilai R^2 sebesar 0,927 yang artinya derajat keasaman memberikan pengaruh terhadap penurunan chromium. Tanda negatif pada variable derajat keasaman menunjukkan penurunan, sehingga bila nilai derajat keasaman turun maka konsentrasi chromium akan turun.

Penurunan nilai derajat keasaman disebabkan karena logam chromium telah diserap atau diikat oleh akar tanaman eceng gondok sehingga memudahkan mikroba perombak dalam proses pendegradasian. mikroorganisme mampu mendegradasi bahan kimia berbahaya dalam lingkungan

menjadi air dan gas yang tidak berbahaya (CO_2) (Vidali 2001).



Gambar 3. Hubungan Penurunan Konsentrasi Chromium dengan Penurunan Nilai Derajat Keasaman

Bahan organik yang telah diserap atau diikat oleh tanaman eceng gondok akan didegradasi oleh bakteri *Bacillus subtilis* menjadi senyawa yang sederhana yaitu, asam amino dan asam lemak (asam organik) hingga diperoleh amoniak, nitrat, nitrit dan nitrogen dengan terbentuknya asam organik hasil pemecahan protein dan lemak, maka derajat keasaman akan terus menurun mendekati derajat keasaman netral. Sedangkan bahan anorganik pada limbah cair penyamakan kulit diserap atau diikat oleh akar tanaman eceng gondok sehingga logam berat pada limbah dapat berkurang. Kadar derajat keasaman yang baik adalah kadar yang masih memungkinkan kehidupan biologis didalam air dapat berjalan dengan baik (Ginting, 1995).

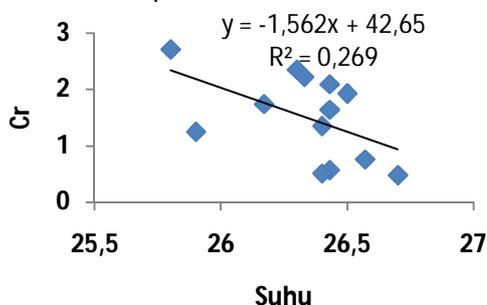
Nilai derajat keasaman erat kaitannya dengan nilai karbondioksida, semakin tinggi nilai karbondioksida didalam air limbah maka nilai derajat keasaman akan rendah. Tanaman eceng gondok memerlukan karbondioksida dalam proses fotosintesis kemudian akan dirubah menjadi monosakarida, sehingga kebutuhan karbondioksida didalam limbah akan naik maka nilai derajat keasaman akan rendah. Fotosintesis merupakan proses yang menyerap karbondioksida, sehingga dapat meningkatkan derajat keasaman perairan. Sedangkan respirasi menghasilkan karbondioksida kedalam ekosistem, sehingga derajat keasaman perairan menurun. Karbon dioksida dalam ekosistem perairan dihasilkan melalui proses respirasi oleh semua organisme dan proses perombakan bahan organik dan anorganik

oleh bakteri dalam menurunkan chromium (Effendi, 2000).

Di dalam akar, tanaman biasa melakukan perubahan derajat keasaman kemudian membentuk suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor. Zat inilah yang kemudian mengikat logam kemudian dibawa kedalam sel akar. Agar penyerapan logam meningkat, maka tumbuhan ini membentuk molekul reduktase di membran akar, sedangkan model transportasi didalam tubuh tumbuhan adalah logam yang dibawa masuk ke sel akar kemudian ke jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem, kebagian tumbuhan lain, sedangkan lokalisasi logam pada jaringan bertujuan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, maka tanaman akan melakukan detoksifikasi dengan menimbun logam kedalam organ tertentu seperti akar (Fitter and Hay, 1981)

Hubungan Konsentrasi Chromium dan Suhu

Persamaan regresi yang terbentuk yaitu $Y = -1.562X + 42.65$ dengan nilai R^2 sebesar 0.269 artinya suhu memiliki tingkat korelasi yang rendah terhadap chromium.



Gambar 4. Hubungan Penurunan Konsentrasi Chromium dengan Penurunan Nilai Suhu

Suhu tidak mempengaruhi penurunan konsentrasi chromium, hal tersebut sesuai dengan pernyataan bahwa aktivitas mikroorganisme memerlukan suhu optimum yang berbeda-beda, akan tetapi proses dekomposisi biasanya terjadi pada kondisi udara yang hangat (Effendi, 2000). Suhu limbah cair selama penelitian adalah 25.8-26.3°C, hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilaporkan oleh Purwandari (2009), suhu pertumbuhan tanaman air adalah 22.0-30.0 °C.

Nilai suhu tidak menunjukkan perbedaan karena kedalaman bak-bak percobaan yang digunakan untuk penelitian sangat dangkal sehingga penyebaran suhunya relatif homogen atau seragam.

Perubahan suhu disebabkan perubahan cuaca yang terjadi selama penelitian terjadi musim hujan sehingga intensitas sinar matahari menjadi kurang karena tertutup oleh suhu disekitarnya. Hal lain yang mempengaruhi adalah kerapatan tanaman pada masing-masing bak percobaan, semakin tinggi tingkat kerapatan tanaman akan mempengaruhi intensitas sinar matahari yang masuk ke dalam air limbah, sehingga semakin tinggi tingkat kerapatan tanaman eceng gondok maka suhu limbah cair penyamakan kulit juga semakin rendah. Dengan suhu yang semakin rendah maka proses fotosintesis akan semakin aktif karena suhu mempengaruhi pertukaran (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 (Effendi,2000).

KESIMPULAN

Fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok pada limbah cair penyamakan kulit dapat menurunkan kandungan logam chromium hingga sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001. Penurunan chromium terjadi pada hari ke-28 dengan kerapatan tanaman 6 individu sebesar 2.23 mg L⁻¹, pada kerapatan tanaman 4 individu sebesar 2.20 mg L⁻¹ dan pada kerapatan tanaman 2 individu sebesar 2.14 mg L⁻¹.

Kerapatan tanaman memberikan pengaruh terhadap penurunan konsentasi chromium pada limbah cair penyamakan kulit. Penurunan chromium dengan hasil optimal yaitu pada kerapatan tanaman 6 individu dibandingkan dengan kerapatan tanaman 4 individu dan kerapatan tanaman 2 individu.

Penurunan chromium menyebabkan kenaikan oksigen terlarut dan penurunan derajat keasaman. Penurunan chromium tidak menyebabkan perubahan suhu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dan memberi semangat untuk menyelesaikan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, H. 2000. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius : Yogyakarta.
- Febrianingsih, A. 2013. *Pengaruh Lama Waktu Kontak Eceng Gondok (Eichornia crassipes) Terhadap Penyerapan Logam Berat Merkuri (Hg)*. Vol 1, No 1 (2013) (kim.ung.ac.id/index.php/KIMFIKK)
- Fitter, A. H and Hay, R.K.M. 1981. *Environmental Plant Physiology*. Diterjemahkan oleh Sri Andani dan E. D. Purbayanti. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Foth, H. D. 1991. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Ghopal, B. and Sharma, K.P. 1981. *Waterhyacinth*. Hindasia Publisher. New Delhi. P. 16-61
- Ginting, P. 1995. *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*. Jakarta : Pustaka Sinar Harapan
- Haberl, R, and Langergraber, H. 2002. *Constructed Wetland : A Chance to Solve Wastewater Problem In Developing Countries*. *Wat Sci. Technol.* 40:11-17.
- Hutagalung. 1991. *Pencemaran Logam oleh Logam Berat dalam Status Pencemaran Laut Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. P30. LIPI : Jakarta
- Lasat, M.M. 2002. *Phytoextraction of Toxic Metals: A review of Biological Mechanisms*, *J. Environ. Qual.*, 31, 109-120.
- Niang, S., 1999. *Wastewater Treatment Using Water Lettuce for Reuse in Market Garden (Dakar)*.
- Priyanto, B. dan Prayitno, J. 2004. *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat*. <http://l1.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.htm>. Diakses pada tanggal 11 November 2013.
- Purwandari. A. R. 2009. *Efektifitas Penggunaan Tanaman Kangkung (Ipomoea aquatica), Kayu Apu (Pistia Stratiotes) dan Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Terhadap penurunan Kadar Nitrat dan Fosfat Pada Limbah Cair PT. Sasa Inti gending Probolinggo*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Schnoor, J.L. and McCutcheon, S.C. 2003. *Phytoremediation Transformation And Control of Contaminants*. Wiley-Interscience Inc. USA.
- Sudarnadi, H. 1996. *Tumbuhan Monokotil*. Cetakan I. Jakarta : Penerbit Swadaya. Hal 77.
- Vidali, M. 2001. *Bioremediation and Overview*. *Pure And Applied. Chemistry*. IUPAC. Vol. 73, 7: 1163-1172.