

PENYISIHAN LOGAM BERAT DAN COD DALAM LIMBAH ELEKTROPLATING PADA REAKTOR EVAPORASI TERTUTUP SISTEM *BATCH* DENGAN MENGGUNAKAN KAYU APU (*Pistia stratiotes L*)

Removal of Heavy Metal and COD in Electroplating Wastewater at Closed Evaporation Reactor Batch System Using Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*)

Badrus Zaman^{*}, Pertiwi Andarani, Maulina Cahyani, Septiani Hapsari

Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Tembalang, Indonesia 50275

^{*}Surel korespondensi: badruszaman2@gmail.com

Abstract. Wastewater from electroplating industry was containing with high concentrations of heavy metals where when discharged into the environment will be very dangerous. Phytotechnology system is attractive and promising process system using plants. In this experiment, Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*) was used in closed batch reactor system to minimize evaporation from the reactor surface directly. This study was aims to analyze removal ability of the heavy metals (nickel and chrome) and COD from electroplating wastewater by Kayu Apu with different number of individual plants and residence times. The results of the study during 15 days reactors operation and with 2,4, 6 individuals plant showed a slightly fluctuates both on the level of the Cr removal. While the increased levels of Ni removal only occur up to six days, where after 6th days tends to stable condition. COD removal also slightly fluctuating but tends to increase by reactors operated. The results of correlation test showed that the increase in the number of plants and the longer residence time will enhance the ability level of the removal by Kayu Apu. The level of heavy metal removal efficiency of Cr on 15th day is in the range 54% to 95%, Ni 64% to 80%, and COD by 3% to 50% At the end of reactor operation occurs plant mass was increased 1.13 gr/day or 0.076 gr /plant/day approximately. These results suggest that plants are capable of removing heavy metal chromium (Cr) and nickel (Ni) with high efficiency but are less able to remove COD in the wastewater from the electroplating industry.

Keywords: phytotechnology, kayu apu, electroplating wastewater, heavy metal, batch system

1. PENDAHULUAN

Air tercemar oleh komponen-komponen anorganik diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Salah satu logam berat yang mencemari lingkungan antara lain krom (Cr) dan Nikel (Ni) serta COD yang cukup tinggi. Logam berat bisa menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup, seperti penyakit minamata, kerusakan susunan saraf, cacat pada bayi, karsinogenitas dan terganggunya fungsi imun sehingga dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat menjadi racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup apabila terakumulasi di dalam tubuh dalam waktu yang lama. Selain mengandung logam berat air limbah elektroplating juga mengandung solven, dan senyawa organik maupun anorganik (Purwanto, 2005). Senyawa organik seperti COD adalah salah satu parameter indeks

Fitoremediasi (*phytoremediation*) adalah pemanfaatan tumbuhan, mikroorganisme untuk meminimalisasi dan mendetoksifikasi polutan. Tumbuhan yang digunakan dalam *fitoremediasi* berupa tumbuhan yang memiliki kemampuan tinggi

untuk mengangkut berbagai pencemaran yang bersifat tunggal. Tanaman fitoremediasi mampu mentranslokasikan unsur-unsur pencemar seperti Cr dan Ni serta senyawa organik dan anorganik (COD) dengan konsentrasi sangat tinggi ke pucuk tumbuhan.

Beberapa jenis tumbuhan mampu bekerja sebagai agen fitoremediasi, seperti *duckweed*, *azolla*, kiambang (*Salvinia molesta*), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), kangkung air (*Ipomea aquatic*), kayu apu (*Pistia stratiotes*). Jenis-jenis tumbuhan tersebut merupakan tumbuhan air yang banyak dijumpai di sungai, pantai, rawa atau danau. Selain itu juga beberapa tumbuhan yang tumbuh di tanah juga mampu berperan dalam *fitoremediasi*. Tumbuhan yang bisa digunakan untuk proses fitoremediasi memiliki kemampuan yang disebut dengan hiperakumulator, yaitu relatif tahan terhadap berbagai macam bahan pencemar dan mampu mengakumulasikannya dalam jaringan dengan jumlah yang cukup besar. Untuk itulah tumbuhan ini banyak dipilih sebagai objek penelitian fitoremediasi untuk lingkungan tercemar logam berat.

Secara umum diketahui bahwa logam berat merupakan elemen yang berbahaya apabila masuk ke dalam tubuh manusia. Logam-logam tersebut sangat berbahaya walaupun dalam jumlah yang relatif kecil dan menyebabkan keracunan (toksik) pada makhluk hidup (Darmono, 1995).

Salah satu cara pengolahan limbah yang mengandung logam berat adalah pengolahan alternatif dengan menggunakan tumbuhan air yang mempunyai kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat. Kayu apu yang tumbuh melimpah di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal, disamping itu tumbuhan ini juga berpotensi dapat menyerap logam berat karena merupakan tumbuhan dengan toleransi tinggi yang dapat tumbuh baik dalam limbah, pertumbuhannya cepat serta menyerap dan mengakumulasi logam dengan baik dalam waktu singkat.

Berbagai penelitian yang telah dilakukan beberapa tahun terakhir hanya sebatas pada *screening* tanaman yang mampu menyerap dan mengakumulasi logam. Pada kenyataannya, banyak faktor yang mempengaruhi kemampuan tanaman dalam menyerap dan mengakumulasi logam dalam jaringannya, bukan hanya pada pemilihan jenis tanaman (Khan, 2009). Faktor-faktor inilah yang terus dikaji oleh para peneliti untuk meningkatkan kemampuan akumulasi logam berat dalam jaringan tanaman, diantaranya adalah jenis logam yang diserap dan konsentrasi logam berat dalam limbah serta waktu tinggal tanaman tersebut di dalam limbah. Pengujian logam berat dalam lindi dapat dilakukan dengan tumbuhan tingkat tinggi, tumbuhan terrestrial maupun tumbuhan aquatic

Penelitian ini diharapkan bisa memberikan salah satu alternatif pengolahan limbah yang mengandung logam berat Cr dan Ni serta COD dengan memanfaatkan kayu apu (*Pistia stratiotes*) yang tumbuh melimpah di Indonesia dan belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini menggunakan limbah buatan (artifisial), diharapkan penelitian pengolahan limbah yang mengandung logam berat Cr, Ni dan COD dengan fitoremediasi ini bisa diaplikasikan untuk pengolahan limbah asli.

2. METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UNIP dengan sampel kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) bersal dari area persawahan di kawasan TNI Ambarawa yang kemudian di aklimatisasi selama ± 7 hari agar akar bersih dan tumbuhan siap digunakan. Sampel limbah elektroplating diambil dari salah satu industri pelapisan krom di LIK Semarang. Metode

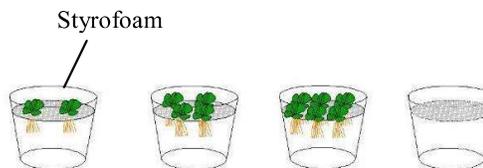
pengambilan air limbah disesuaikan dengan SNI 6989.59:2008.

Tahap awal pelaksanaan penelitian berupa uji resistensi tumbuhan untuk mendapatkan konsentrasi limbah yang akan digunakan pada penelitian. Uji resistensi dilaksanakan selama 7 hari secara triplo dengan berbagai variasi konsentrasi limbah yang diencerkan. Hasil dari uji resistensi digunakan untuk mengetahui ketahanan kayu apu terhadap sampel limbah elektroplating. Pengujian dilakukan dengan menggunakan toples dan volume limbah 2 liter dengan tingkat pengenceran 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 70% dan 80%. Berdasarkan hasilnya menunjukkan kayu apu mampu hidup pada pengenceran paling rendah sebesar 20%.

Tahap selanjutnya adalah uji utama dengan reaktor evaporasi sistem *batch* berupa wadah bening dengan diameter atas 19 cm, diameter bawah 15 cm dan tinggi 19 cm dengan volume total yang digunakan tiap reaktor sebesar 3 liter hingga batas air (tinggi 11,5 cm). Reaktor dibuat tertutup menggunakan Styrofoam pada bagian permukaan dengan diberi lubang sesuai ukuran dan jumlah tumbuhan. Penelitian ini dilakukan secara duplo dengan variasi jumlah tumbuhan 2, 4, 6 tumbuhan dengan waktu operasional selama 15 hari.



Gambar 1. Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*)



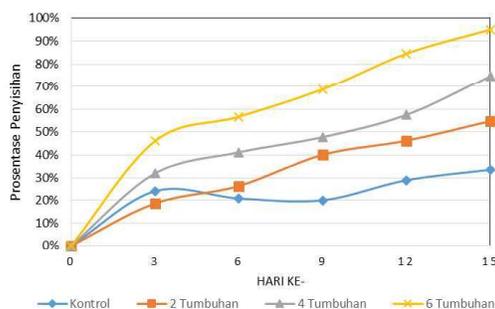
Gambar 2. Reaktor evaporasi tertutup

Pengambilan sampel dilakukan setiap 3 hari sekali guna menganalisis konsentrasi Cr, Ni dan COD. Data konsentrasi Cr, Ni dan COD yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui hubungannya dengan variasi jumlah tumbuhan dan waktu tinggal. Uji yang dilakukan meliputi uji normalitas, uji korelasi dan uji regresi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Logam Berat Kromium Total (Cr)

Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan dari konsentrasi Cr awal sebesar 1,9784 mg/l konsentrasinya mengalami penurunan selama operasional reaktor. Pada hari ke-15 konsentrasi kromium total pada kontrol sebesar 1.3152 mg/l, reaktor dengan 2 tumbuhan sebesar 0.8949 mg/l, reaktor dengan 4 tumbuhan sebesar 0.5026 mg/l, dan reaktor dengan 6 tumbuhan sebesar 0.0987 mg/l. Tingkat efisiensi penyisihannya menunjukkan peningkatan yang signifikan selama operasional reaktor (Gambar 3). Semakin meningkat jumlah tumbuhan juga menunjukkan peningkatan tingkat efisiensi penyisihannya.



Gambar 3. Grafik efisiensi penyisihan kromium (Cr) total selama operasional reaktor

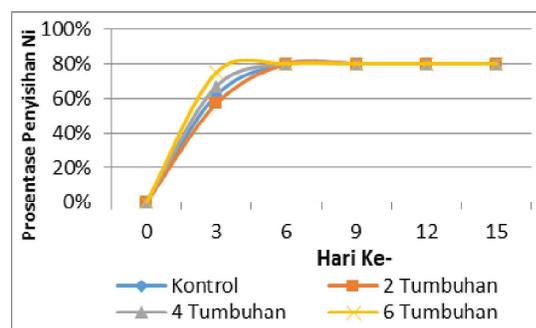
Tingkat efisiensi akhir pada 6 tumbuhan sebesar 95,01%, 4 tumbuhan sebesar 74,60%, 2 tumbuhan sebesar 54,77% dan reaktor kontrol sebesar 33,52%. Hal tersebut menunjukkan bahwa kayu apu mampu menyisihkan kromium dalam jumlah yang tinggi yaitu 1-1,8% /individu/hari.

Proses penyisihannya dapat melalui fitofiltrasi maupun rizofiltrasi, dimana proses tersebut digunakan untuk menghilangkan polutan, terutama logam dari lingkungan perairan seperti lahan basah dan tanah atau air permukaan dengan adsorpsi atau pengendapan ke akar atau organ terendam lain (Salt *et al*, 1998, Kvesitadze *et al*, 2006). Proses lainnya berupa adsorpsi yang merupakan ikatan ionik sehingga proses tersebut terjadi terhadap kontaminan yang mempunyai perbedaan muatan ion dengan ion akar (misal HCO_3^-) seperti logam – logam berat (Mangkoediharjo & Samudro, 2010). Kromium merupakan elemen non esensial bagi tumbuhan sehingga tidak terjadi proses pengangkutan sehingga kromium yang ada pada limbah elektroplating akan terakumulasi pada bagian akar. Akumulasi kromium dalam tumbuhan

dapat menyebabkan toksisitas yang tinggi pada pertumbuhan tumbuhan dan dapat menyebabkan perubahan pada beberapa parameter biokimia kayu apu. Kromium juga mengganggu proses fotosintesis dan respirasi, serta mekanisme penyerapan air dan mineral (Singh *et al.*, 2013). Selain itu Cr menjadi salah satu logam berat yang dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan dan menurunkan kandungan protein pada hasil panen (Ghani, 2010). Meskipun begitu *metallothionein* dan asam organik penting dalam tumbuhan sebagai komponen untuk mekanisme toleransi dan mendetoksifikasi logam toksik (Panda & Choudhury, 2005). Uji statistik menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang signifikan antara jumlah tumbuhan dan waktu tinggal terhadap tingkat penyisihan Cr.

3.2 Logam Berat Nikel (Ni)

Tingkat Efisiensi Nikel oleh kayu apu menunjukkan adanya proses penyisihan yang cepat dimana pada hari ke 3 tingkat penyisihan nya berada pada range 55-75% dan kemudian stabil hingga akhir operasional reaktor yaitu sebesar 80%



Gambar 4. Grafik Efisiensi Penyisihan Nikel (Ni) Selama Operasional Reaktor

Penurunan konsentrasi nikel yang cepat pada semua reaktor dapat disebabkan oleh limbah cair elektroplating yang mengandung kapur sehingga dapat mengendapkan logam berat nikel. Selain itu terjadi proses rhizodegradasi dalam rizhosphere, proses ini merupakan proses adsorpsi atau presipitasi kontaminan pada akar atau penyerapan ke dalam akar (Mangkoediharjo & Samudro, 2010).

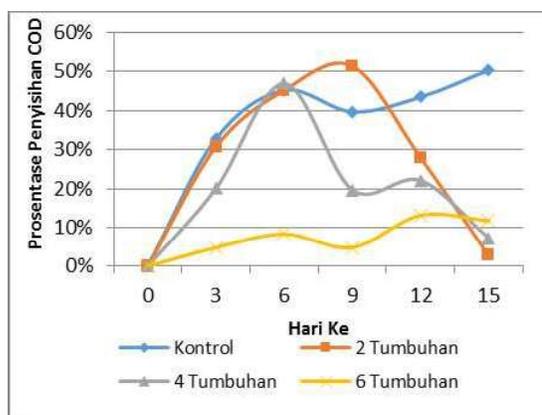
Proses ketiga, berupa translokasi polutan dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah polutan menembus endodermis akar, polutan atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xylem dan floem) (Mamonto, 2013).

Tumbuhan pada dasarnya mampu untuk mengembangkan jaringan yang kompleks melalui mekanisme homeostatic dengan tingkat efektifitas yang tinggi untuk mengontrol pengambilan akumulasi, lalu lintas dan detoksifikasi berbagai logam berat (Clemens, 2001; Manara, 2012). Nikel yang dibutuhkan untuk pertumbuhan yang normal dan perkembangan tumbuhan sangat kecil tetapi teridentifikasi dalam berbagai enzim dalam tumbuhan dan menentukan dalam metabolisme untuk memastikan aktifitas enzim seperti memelihara redok selular, berbagai bagian respon biokimia, fisiologi dan pertumbuhan (Hussain, *et al.* 2013).

Uji statistik menunjukkan adanya korelasi yang signifikan antara waktu tinggal terhadap tingkat penyisihan Ni tetapi tidak mempunyai pengaruh yang kuat dengan jumlah tumbuhan.

3.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

Tingkat penyisihan COD menunjukkan bahwa terjadi peningkatan penyisihan selain material anorganik juga material organik dalam limbah electroplating yang terjadi hingga pada hari ke 6 di semua reaktor. Pada hari selanjutnya pada reaktor dengan 2 dan 4 tumbuhan berfluktuasi. Hal ini kemungkinan adanya tingkat kejenuhan pada tumbuhan sehingga terjadi pelepasan kembali ke lingkungan terutama material organik melalui akar, sedangkan pada kontrol terjadi penyisihan yang kemungkinan lebih disebabkan oleh adanya proses pengendapan dan aktivitas bakteri. Pada reaktor dengan 6 tumbuhan tidak terjadi tingkat kejenuhan sehingga penyisihan secara gradual meningkat meskipun relatif rendah yang kemungkinan adanya penumpukan material organik dari akar yang membusuk atau terlepas dan daun menua.



Gambar 5. Grafik efisiensi penyisihan COD selama operasional reaktor

Hasil uji setatistik menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh waktu tinggal dan jumlah tumbuhan terhadap tingkat penyisihan COD yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh fluktuasi penyisihan yang terjadi.

4. SIMPULAN

Kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) mampu menyisihkan Kromium total dan Nikel dengan tingkat penyisihan selama 15 hari operasional reaktor secara *batch* tertutup berada pada kisaran 50-95%, tetapi kurang memadai untuk menyisihkan COD dalam limbah elektroplating yang disebabkan kejenuhan dan pelepasan kembali ke lingkungan air

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Jurusan Teknik Lingkungan yang telah membiayai penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Clemens, S. (2001). Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. *Planta*, 212, pp. 475-486
- Darmono. (2000). Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Jakarta : UI Press.
- Ghani, A. (2010). Toxic Effects of Heavy Metals on Plant Growth and Metal Accumulation in Maize (*Zea mays*L.). *Iranian Journal of Toxicology*. 3(3):32-334.
- Hussain, M.B., Ali, S., Aqeel, A., Hina, S., Farooq, M.A., Ali, B., Bharwana, S.A. & Gill, M.B. (2013). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to nickel stress: A review. *African J. Agric. Research*. 8(17):1596-1602
- Khan, A.G. (2005). Role of Microbes In The Rhizospheres of Plant Growing on Trace Metal Contaminated Soils In Phytoremediation. *Journal of Trace Element in Medicine and Biology*, 18: 355-364.
- Kvesitadze G., Khatishashvili G., Sadunishvili T. & Ramsden J. J. (2006). *Biochemical mechanisms of detoxification in higher plants. Basis of Phytoremediation*. Springer Verlag Berlin Heidelberg, Chapter 4, pp. 185-194.
- Mamonto, H. (2013). Uji Potensi Kayu Apu Dalam Penurunan Kadar Sianida (CN) pada Limbah Cair Penambangan Emas. Skripsi, Gorontalo: Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan dan Keolahragaan, Universitas Negeri Gorontalo.
- Manara, A. (2012). *Plants and Heavy Metals*. Springer. 86 pg. <http://www.springer.com/978-94-007-4440-0>.

- Mangkoedohardjo, S. & Ganjar, S. (2010). *Fitoteknologi Terapan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Panda, S. & Choudhury, S. (2005). Chromium Stress in Plants. *Braz. J. Plant. Physiol.* 17(1):95-102.
- Purwanto, S.H. (2005). *Teknologi Industri Electroplating*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro
- Salt, D.E., Smith, R.D. & Raskin, I. (1998). Phytoremediation. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49:643-668
- Singh, M., Saxena, S. & Singh, A.P. (2014). Analysis of Copper from Electroplating Industry Waste Water and Its Reuse as Fungicide. *International Journal of Scientific Engineering and Technology.* 3(1):43-46
-