

# STUDI KEEFEKTIFAN PENURUNAN KROMIUM ( $\text{Cr}^{6+}$ ) PADA AIR LIMBAH DENGAN MENGGUNAKAN ECENG GONDOK (*Eichhorniae crassipes*)

## STUDY OF EFFECTIVENESS REDUCING CHROMIUM ( $\text{Cr}^{6+}$ ) IN WASTE WATER USING WATER HYACINTH (*Eichhorniae crassipes*)

Dian Amalia<sup>1)</sup> dan Alia Damayanti<sup>1)</sup>  
<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS  
email: yellow\_imoetz@plaza.com; lia@its.ac.id

### Abstrak

Kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) merupakan salah satu jenis logam berat yang termasuk katagori limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3) karena dapat membahayakan makhluk hidup dan mencemari lingkungan. Untuk mengurangi atau menghilangkan efek toksiknya diperlukan pengolahan, dan yang umum dilakukan adalah pengolahan secara biologis dengan menggunakan tumbuhan air. Dalam penelitian ini digunakan limbah buatan yang mengandung  $\text{Cr}^{6+}$  berupa larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  yang digunakan sebagai media tanam bagi tumbuhan uji. Tumbuhan uji yang digunakan untuk penelitian ini adalah eceng gondok (*Eichhorniae crassipes*). Sebagai pembanding, digunakan kontrol berupa larutan  $\text{Cr}^{6+}$  yang tidak ditanami eceng gondok. Hasil penelitian ini yaitu media tanam dengan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  5 mg/L merupakan kondisi optimum.

Kata Kunci : eceng gondok, kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ), media tanam, removal

### Abstract

Chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) is one of heavy metal which is classify as hazardous waste because of its capability to endanger living organism and environmental pollution. Generally, biological treatment using aquatic plants is used to reduce of  $\text{Cr}^{6+}$  toxicity.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  solution is used in this research as growth mediator for the test plant. Water hyacinth (*Eichhorniae crassipes*) is used as the test plant and chromium solution without water hyacinth is used as a control. Result showed that  $\text{Cr}^{6+}$  concentration of media plant was 5 mg/L represent the optimum condition.

Keywords : chromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ), removal, growth mediator, water hyacinth

## 1. PENDAHULUAN

Dalam klasifikasi limbah B3 logam berat termasuk katagori beracun (toksik) (Trihadiningrum, 2000). Salah satu jenis logam berat yang dihasilkan dalam jumlah besar dan belum tertangani secara maksimal adalah logam berat kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ). Logam berat  $\text{Cr}^{6+}$  banyak digunakan dalam industri otomotif, kerajinan, pelapis anti korosi, tekstil, penyamakan, pencelupan, fotografi, zat warna dan aliase dalam pembuatan produk stainless stel.

Oleh karena itu perlu dilakukan usaha pemulihan kualitas lingkungan yang telah tercemar dengan menggunakan pengolahan secara biologis dengan menggunakan tumbuhan air karena biayanya yang cukup murah dan efisien dalam penerapan dan pengoperasiannya. Tumbuhan air yang digunakan adalah eceng gondok (*Eichhorniae crassipes*).

Menurut Darmono (1995) logam digolongkan sebagai logam berat (heavy metal) apabila memiliki berat 5 gr atau lebih tiap  $1 \text{ cm}^3$ . Sedangkan menurut Palar (1994) logam berat diklasifikasikan menurut karakteristiknya, yaitu logam yang memiliki specific gravity lebih besar dari 4, memiliki nomor atom 22 sampai 34 dan 40 sampai 50, termasuk dalam unsur lantanida dan aktinida serta memiliki respon biokimia yang khas terhadap makhluk hidup.

Logam berat dalam klasifikasi limbah B3 termasuk katagori beracun (toksik) karena mengandung zat pencemar organik yang sulit diuraikan secara alami dan beracun bagi manusia dan lingkungan. Logam berat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu (Darmono, 1995) logam berat beracun dan logam berat esensial. Logam berat beracun ini sama sekali tidak boleh masuk ke dalam tubuh makhluk hidup,

karena dengan konsentrasi yang kecil sudah bersifat toksik misalnya Hg, Cd, Pb. Logam berat esensial ini dibutuhkan oleh tubuh makhluk hidup dalam konsentrasi tertentu. Apabila kebutuhan dalam jumlah sangat kecil tidak terpenuhi maka akan berakibat fatal bagi kelangsungan hidup makhluk hidup. Akan tetapi apabila jumlahnya berlebih maka akan meracuni tubuh makhluk hidup misalnya Cu, Zn, Ni, Cr.

Kromium memiliki daya racun yang tinggi. Daya racunnya ditentukan oleh tingkat valensi ionnya. Ion  $\text{Cr}^{6+}$  di dalam proses metabolisme akan menghalangi dan menghambat kerja enzim *Benzopiren hidrosilase* yang mampu mengakibatkan perubahan dalam kemampuan pertumbuhan sel, sehingga sel-sel tumbuh secara liar dan tidak terkontrol dan lazim disebut kanker. Hal inilah yang menyebabkan kromium dikelompokkan sebagai logam karsinogenik (Palar, 1994).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi toksisitas logam berat antara lain pH, kesadahan, cahaya, terbentuknya senyawa kompleks, interaksi antar ion logam berat serta salinitas.

Eceng gondok (*Eichhorniae crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air yang dapat tumbuh dengan baik pada daerah yang beriklim tropis maupun subtropis. Eceng gondok (*Eichhorniae crassipes*) merupakan tumbuhan yang mula-mula berakar pada dasar air tetapi kemudian sebagian terlepas dari tanah dan terapung (Adrian, 2002). Tumbuhan ini dapat bertahan hidup pada keadaan yang sangat kritis sekalipun, baik dengan adanya nutrisi maupun tanpa nutrisi. Tumbuhan eceng gondok terdiri dari akar, helai daun, tangkai daun, dan stolon (akar rimpang).

Eceng gondok dapat tumbuh dengan baik apabila berada pada temperatur optimum suhu lingkungan antara  $25^{\circ}\text{C}$ - $30^{\circ}\text{C}$  (Aneja dan Singh, 1992), intensitas cahaya, kadar garam (salinitas), eceng gondok sangat toleran terhadap level salinitas yang rendah serta pada pH air antara 6 – 8.

Menurut Obarska-Pempkowiak (2000), dalam Suwariyanti, (2002) proses penyerapan logam berat oleh tumbuhan air pada umumnya bersifat pasif, dalam artian tidak terlibat dalam proses metabolisme sel. Logam berat yang diserap oleh tumbuhan akan masuk menuju ke tempat yang bersifat anion

dalam dinding sel dan tidak terlibat pada proses metabolisme.

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan air dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan, yaitu (Baker, 1999) penyerapan logam oleh akar, translokasi di dalam tubuh tumbuhan serta lokalisasi logam dalam jaringan.

Di dalam akar tanaman, terdapat daerah (kompartemen) yang merupakan tempat terjadinya transportasi larutan, terutama untuk larutan yang mengandung ion dan masuk ke dalam sistem perakaran tumbuhan.

Secara garis besar, mekanisme pengambilan ion logam berat oleh tumbuhan air pada akar yaitu penyerapan ion logam berat secara pasif masuk ke dalam jaringan tumbuhan. Sebagian besar proses ini terjadi melalui pertukaran ion. Pengambilan secara aktif ion logam berat dan masuk ke dalam sitoplasma. Pengeluaran (sekresi) ion secara aktif menuju ke vakuola dari sitoplasma. Perpindahan ion dalam proses aktif symplasma

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem, ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Untuk mencegah terjadinya peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan cara menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

## 2. METODOLOGI

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa reaktor berupa bak dari bahan plastik berbentuk silinder dan diletakkan dalam sebuah rumah kaca. Selain itu digunakan pula neraca digital dan pH meter.

Sedangkan bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  sebagai bahan limbah buatan  $\text{Cr}^{6+}$  serta air sebagai air pengencer limbah.

Untuk penanaman tumbuhan uji hanya dipakai media air tanpa penambahan media lain. Pada penelitian ini digunakan aquadest sebagai air pengencer. Tanaman uji yang digunakan adalah eceng gondok

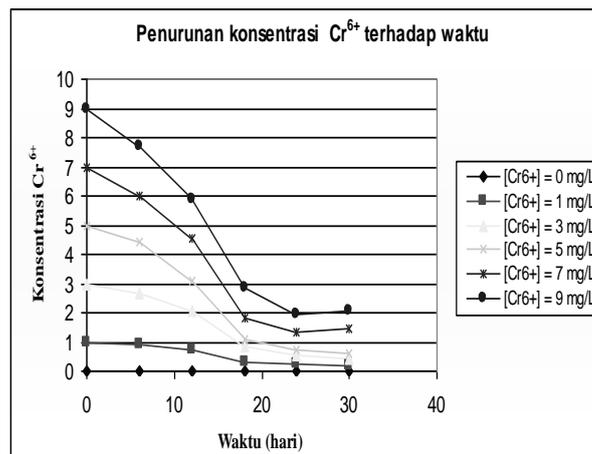
(*Eichhorniae crassipes*) serta untuk menambah nutrisi ditambahkan Pupuk.

Sebelum diaplikasikan untuk meremoval kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  terlebih dahulu dilakukan aklimatisasi pada eceng gondok. Tujuan proses aklimatisasi ini adalah supaya eceng gondok dapat menyesuaikan diri dengan limbah yang mengandung  $\text{Cr}^{6+}$  yang nantinya akan menjadi tempat hidupnya. Aklimatisasi dilakukan selama 3 hari.

Analisa yang dilakukan sesuai dengan standard prosedur analisa yang terdapat pada Standard Methods (APHA, 1998) yaitu analisa konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  dengan metode kolorimetri, analisa pH dengan pH meter serta analisa temperatur dengan termometer.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi logam berat  $\text{Cr}^{6+}$  yang ada pada media tanam dapat diturunkan dengan menggunakan tumbuhan uji berupa eceng gondok. Pada penelitian ini juga dilakukan pengamatan terhadap reaktor kontrol untuk membandingkan efisiensi penurunan  $\text{Cr}^{6+}$  dengan menggunakan tumbuhan uji atau tanpa tumbuhan uji. Pada Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan penurunan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  dengan menggunakan tumbuhan uji.



Gambar 1. Penurunan Konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  Terhadap Waktu.

Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa pengurangan maupun efisiensi penurunan kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) terbesar pada tiap-tiap harinya terjadi pada konsentrasi 9 mg/L. Hal ini sesuai dengan teori bahwa penyerapan kromium ( $\text{Cr}^{6+}$ ) oleh eceng gondok akan semakin besar dengan bertambahnya jumlah konsentrasi. Kondisi tersebut menyebabkan keadaan eceng gondok menurun yang ditandai dengan perubahan warna daunnya dari hijau segar menjadi kuning.

Tabel 1. Data Penurunan Konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  pada Periode Waktu Tertentu dengan Variasi Konsentrasi

Konsentrasi $\text{Cr}^{6+}$ (mg/l)	Pengurangan konsentrasi $\text{Cr}^{6+}$ hari ke-t (mg/l)														
	Hari ke-6			Hari ke-12			Hari ke-18			Hari ke-24			Hari ke-30		
	$C_t$	$C_{et}$	$P_t$	$C_t$	$C_{et}$	$P_t$	$C_t$	$C_{et}$	$P_t$	$C_t$	$C_{et}$	$P_t$	$C_t$	$C_{et}$	$P_t$
Reaktor 1 (0 mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reaktor 2 (1 mg/L)	1	0,89	0,11	0,89	0,71	0,18	0,71	0,33	0,38	0,33	0,23	0,10	0,23	0,18	0,05
Reaktor 3 (3 mg/L)	3	2,65	0,35	2,65	2,08	0,57	2,08	0,83	1,25	0,83	0,55	0,28	0,55	0,44	0,11
Reaktor 4 (5 mg/L)	5	4,44	0,56	4,44	3,12	1,32	3,12	1,09	2,04	1,09	0,76	0,33	0,76	0,61	0,15
Reaktor 5 (7 mg/L)	7	6,03	0,97	6,03	4,57	1,46	4,57	1,84	2,73	1,84	1,35	0,49	1,35	1,43	-0,08
Reaktor 6 (9 mg/L)	9	7,67	1,33	7,67	5,86	1,81	5,86	2,85	3,01	2,85	1,93	0,92	1,93	2,06	-0,13

Dimana  $C_t$  merupakan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  akhir pada media tanam (mg/L),  $C_{et}$  konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  dalam media tanam pada hari ke-t (mg/L) dan  $P_t$  merupakan penurunan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  pada periode waktu tertentu (mg/L).

Pengurangan konsentrasi logam berat  $\text{Cr}^{6+}$  pada periode waktu tertentu menunjukkan bahwa pengurangan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  oleh eceng gondok terbesar terjadi pada hari ke-12 sampai ke-18 pada tiap-tiap konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$ . Hal itu disebabkan karena pada waktu tersebut eceng gondok telah mampu

menyesuaikan diri dengan kondisi pada media tanamnya dengan baik sehingga eceng gondok dapat menyerap  $\text{Cr}^{6+}$  secara maksimal.

Pada hari ke-0 sampai dengan hari ke-12, eceng gondok masih dalam tahap penyesuaian diri terhadap kondisi media tanamnya sehingga penyerapan yang dilakukan tidak maksimal meskipun telah mampu menyerap  $\text{Cr}^{6+}$ .

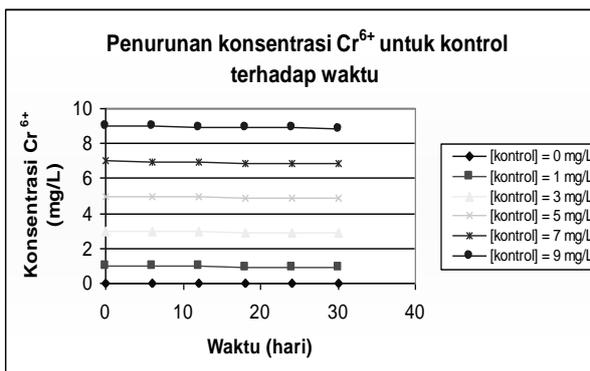
Pada akhir pengamatan yaitu pada hari ke-24 dan hari ke-30, penyerapan  $\text{Cr}^{6+}$  cenderung mengalami

penurunan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh kondisi eceng gondok yang semakin memburuk yang ditandai dengan perubahan warna daunnya menjadi kekuningan dan mulai mengering. Keadaan seperti ini akan mempengaruhi kemampuan dalam penyerapan  $\text{Cr}^{6+}$ . Selain itu pada akhir pengamatan eceng gondok telah memasuki masa jenuh, meskipun belum jenuh total.

Pada hari terakhir pengamatan, eceng gondok yang berada pada media tanam dengan konsentrasi 9 mg/L mengalami kematian. Kematian tersebut disebabkan karena pengaruh toksisitas  $\text{Cr}^{6+}$  yang melebihi ambang batas kemampuan eceng gondok dalam menyerap dan mengakumulasi kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  didalam jaringan tubuhnya. Untuk reaktor dengan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  di bawah 9 mg/L masih dapat bertahan hidup sampai akhir penelitian yang berlangsung selama 30 hari. Hal ini menunjukkan bahwa pada media tanam yang mengandung konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  sebesar 9 mg/L akan memberikan efek toksik pada eceng gondok apabila terakumulasi di dalam jaringan tubuhnya dalam waktu tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok pada semua variasi konsentrasi dapat tumbuh dengan baik, kecuali pada konsentrasi terbesar.

Pada hari ke-30 pengamatan untuk konsentrasi 7 mg/L dan 9 mg/L terjadi penyimpangan berupa kenaikan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  pada media tanam. Hal ini dapat terjadi karena adanya efek depurasi pada logam berat. Depurasi didefinisikan sebagai pengembalian konsentrasi logam berat yang telah diserap oleh tumbuhan ke lingkungannya kembali. Depurasi sendiri dapat terjadi karena tumbuhan uji telah mengalami kejenuhan dalam menyerap kandungan logam berat yang ada di media tanamnya.

Untuk mengetahui tingkat keefektifan penurunan  $\text{Cr}^{6+}$  dengan menggunakan eceng gondok maka perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan kontrol yaitu reaktor yang mengandung konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  tanpa ditumbuhi tumbuhan uji. Dari hasil tersebut dapat diketahui dan dibandingkan seberapa besar efisiensi penurunan  $\text{Cr}^{6+}$  antara reaktor yang ditumbuhi tumbuhan uji dengan reaktor tanpa tumbuhan uji (kontrol). Gambar 2 menunjukkan penurunan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  tanpa menggunakan tumbuhan uji (kontrol).



**Gambar 2.** Penurunan Konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  untuk Kontrol Terhadap Waktu.

Pada reaktor kontrol yang tidak ditanami eceng gondok sangat sedikit terjadi penurunan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$ . Hal ini disebabkan karena  $\text{Cr}^{6+}$  merupakan logam berat yang bersifat stabil di dalam air, sehingga apabila tidak ada eceng gondok sebagai tumbuhan uji maka tidak ada media yang dapat mengabsorpsi  $\text{Cr}^{6+}$  tersebut.

Dari Gambar 1 dan 2 dapat diketahui bahwa pada semua reaktor yang mengandung logam berat  $\text{Cr}^{6+}$  mengalami penurunan konsentrasi. Hal ini terjadi baik pada reaktor yang ditumbuhi oleh tumbuhan uji maupun pada reaktor kontrol yang tidak ditumbuhi tumbuhan uji.

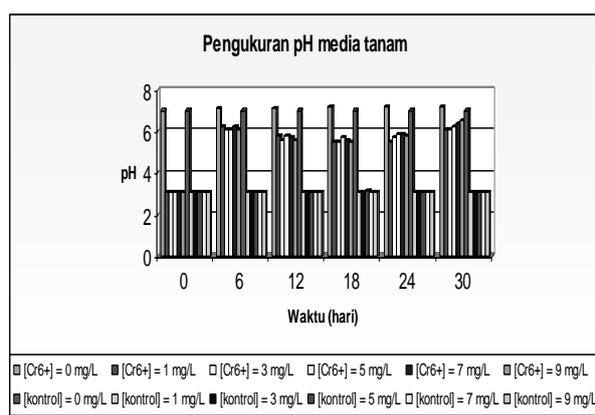
Pengurangan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  pada reaktor yang ditanami eceng gondok selalu lebih besar daripada reaktor yang tidak ditanami eceng gondok (kontrol). Hal ini dapat terjadi karena pada reaktor yang ditumbuhi eceng gondok terjadi penyerapan  $\text{Cr}^{6+}$  tidak saja oleh akar tanaman tetapi juga oleh mikroorganisme yang bersimbiosis pada akar tanaman sehingga proses penyerapannya menjadi semakin efektif. Sedangkan pada reaktor kontrol tidak terjadi penurunan kandungan  $\text{Cr}^{6+}$ .

Dari penelitian diketahui bahwa pada konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  sebesar 5 mg/L terjadi removal konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  sebesar 88%. Hal ini disebabkan pada konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  sebesar 5 mg/L kondisi eceng gondok cukup baik yang ditunjukkan dengan daun-daun yang berwarna hijau dan masih tampak segar, sehingga eceng gondok dapat menyerap  $\text{Cr}^{6+}$  dengan baik pula.

Pada konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  diatas 5 mg/L, kondisi eceng gondok masih terlihat segar pada awal penelitian tetapi pada akhir penelitian kondisi eceng gondok mulai menurun, daun-daunnya mulai tampak kering dan menguning, bahkan pada konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  9 mg/L eceng gondok ada yang mengalami kematian. Kondisi yang kurang baik pada eceng gondok tersebut diakibatkan karena efek toksik  $\text{Cr}^{6+}$  yang ada pada jaringan tubuh tumbuhan sehingga eceng gondok sebagian mengalami kematian dan mengakibatkan penyerapan  $\text{Cr}^{6+}$  menjadi tidak maksimal.

Sedangkan pada konsentrasi dibawah 5 mg/L keadaan eceng gondok masih cukup baik selama penelitian. Akan tetapi pada konsentrasi ini daya serap eceng gondok kurang optimum karena kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  dalam media tanam tidak terlalu banyak, sehingga  $\text{Cr}^{6+}$  yang terserap tidak sebanyak pada konsentrasi 5 mg/L. Pada reaktor kontrol, terjadi removal konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  tetapi tidak seefektif dengan menggunakan tumbuhan uji. Pada reaktor kontrol removal terbesar terjadi pada konsentrasi 5 mg/L sebesar 2,2%.

Dari penelitian ini dapat diketahui prosentase penurunan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  terbesar terjadi pada reaktor dengan menggunakan tumbuhan uji dan variasi konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  yang digunakan adalah 5 mg/L. Removal  $\text{Cr}^{6+}$  yang dapat dicapai sebesar 88%. Grafik pengukuran nilai pH dapat dilihat pada Gambar 3.



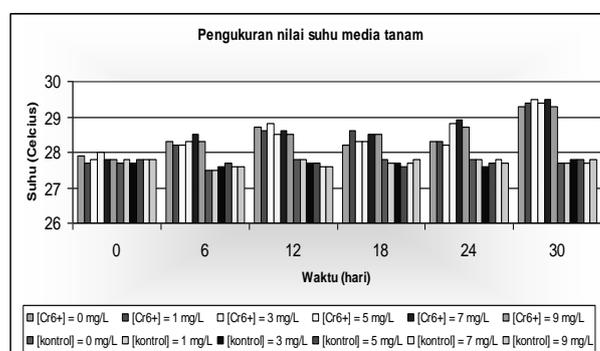
**Gambar 3.** Pengukuran Nilai pH pada Media Tanam dengan Variasi Konsentrasi.

Dari Gambar 3 dapat diketahui adanya grafik yang berfluktuatif pada pengukuran nilai pH. Pada reaktor kontrol dengan konsentrasi 0 mg/L nilai pH tidak berubah karena pada kondisi tersebut pH media tanam bersifat netral. Hal ini terjadi karena pa-

da reaktor tersebut tidak ditumbuhi tanaman dan tidak mengandung  $\text{Cr}^{6+}$  sehingga tidak terjadi reaksi oleh tumbuhan uji yang dapat mengakibatkan perubahan nilai pH media tanam.

Sedangkan untuk nilai pH pada reaktor yang ditumbuhi tanaman terjadi kenaikan, kemudian nilai pH mengalami penurunan dan pada akhir pengamatan nilai pH mengalami kenaikan kembali. Nilai pH pada media tanam berada pada range nilai 5,5 sampai 6,5. Pada kondisi pH tersebut  $\text{Cr}^{6+}$  masih terlarut karena  $\text{Cr}^{6+}$  akan mengendap pada pH basa.

Gambar 4 menunjukkan hasil pengukuran suhu media tanam.



**Gambar 4.** Grafik Pengukuran Nilai Suhu pada Media Tanam dengan Variasi Konsentrasi.

Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa pada penelitian dengan variasi konsentrasi nilai suhu berkisar antara 27°C sampai dengan 29°C dan pada suhu tersebut merupakan suhu optimum yang diperlukan eceng gondok agar dapat tumbuh dengan baik.

Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa suhu media tanam pada reaktor yang menggunakan tumbuhan uji relatif lebih tinggi dibandingkan dengan reaktor kontrol (tanpa ditanami tumbuhan uji). Hal ini dapat dikaitkan dengan adanya proses fotosintesis pada reaktor yang menggunakan tumbuhan uji. Pada proses fotosintesis akan dihasilkan kalor yang dapat menyebabkan peningkatan suhu media tanam.

Pada penelitian ini suhu berpengaruh terhadap proses pengurangan kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  pada media tanam. Kenaikan suhu yang terjadi akan mendorong peningkatan proses metabolisme di dalam tubuh tumbuhan dan hal ini akan meningkatkan kemam-

puan eceng gondok dalam menyerap kandungan logam berat  $\text{Cr}^{6+}$  yang ada pada media tanamnya.

#### 4. KESIMPULAN

Eceng gondok dapat digunakan untuk menurunkan kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  pada air limbah dengan konsentrasi maksimum yang dapat diterima oleh eceng gondok sebesar 9 mg/L. Penurunan  $\text{Cr}^{6+}$  terbesar terjadi pada reaktor dengan konsentrasi awal 9 mg/L. Nilai penurunan  $\text{Cr}^{6+}$  yang diperoleh adalah 7,2 mg/L. Akan tetapi pada akhir penelitian ini tumbuhan uji sebagian mengalami kematian. Prosentase removal  $\text{Cr}^{6+}$  sebesar 88% terjadi pada konsentrasi 5 mg/L. Sedangkan penurunan yang terjadi sebesar 4,24 mg/L. Pada konsentrasi ini kondisi eceng gondok masih tetap tumbuh dengan baik sampai akhir penelitian. Media tanam dengan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  5 mg/L merupakan konsentrasi optimum yang dapat diterima oleh eceng gondok karena pada konsentrasi tersebut kondisi eceng gondok di akhir penelitian tidak mengalami kematian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adrian, W.E. (2002). **Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*)**. University of Waterloo, Canada.
- American Public Health Association (APHA), American Water Work Associaton (AWWA), dan WEF, (1998). **Standard Methods For Examination Water And Wastewater**. 20<sup>th</sup> Edition.
- Aneja, K. R. dan Singh. K. (1992). **Effect of Water Hyacinth (*Eichhorniae crassipes (Mart). Solms.*) on the Physico-chemical Environmental of Shallow Pond**. *Proceeding. Indian Nat. Sci. Acad.* B56 (6): 357 – 364.
- Baker, A. J. M. (1999). **Metal Hyperaccumulator Plants a Biological Resources for Exploitation in the Phytoextraction of Metal-Polluted Soils**. Diambil dari ([http://lbewww.epfl.ch/COST837/WG2\\_abstracts.html](http://lbewww.epfl.ch/COST837/WG2_abstracts.html)) Tanggal 25 Mei 2005, pukul 06.30 WIB.
- Darmono. (1995). **Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup**. Universitas Indonesia-Press.
- Palar, H. (1994). **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat**. Rineka. Cipta. Jakarta.
- Suwariyanti, A. (2002). **Sudi Literatur Penurunan Kandungan Logam Berat (Cu dan Cd) dalam Limbah Cair dengan Memanfaatkan Tumbuhan Air**. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.
- Trihadiningrum, Y. (2000). **Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)**. Buku Ajar Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.