



LAPORAN AKHIR
PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA PENELITIAN
ANALISIS POTENSI DAN KONDISI OPTIMUM TANAMAN
MATA LELE (*Lemna sp*) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT
Cr DAN Pb

BIDANG KEGIATAN:

PKM Penelitian

Oleh:

Sigit Eko Januar	G44090081	2009	Ketua
Wahyu Yuly Annas	G44090110	2009	Anggota
Selvia Rahmawati	G44090017	2009	Anggota
Ichsan Irwanto	G44090035	2009	Anggota
Ali Aulia Ghozali	G44100007	2010	Anggota

Dibiayai oleh:

Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Program Kreativitas Mahasiswa
Nomor : 050/SP2H/KPM/Dit.Litabmas/V/2013, tanggal 13 Mei 2013

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2013

Halaman Pengesahan


1. Judul Kegiatan : Analisis Potensi dan Kondisi Optimum Tanaman Mata Lele (*Lemna sp*) Sebagai Adsorben Logam Berat Cr dan Pb
2. Bidang Kegiatan : PKM-K PKM-T
 PKM-P PKM-M
 PKM-KC
3. Ketua Pelaksana Kegiatan
 - a. Nama : Sigit Eko Januar
 - b. NIM : G44090081
 - c. Jurusan : Kimia
 - d. Universitas/Institut/Politeknik : Institut Pertanian Bogor
 - e. Alamat Rumah dan No. Telp/HP : Castile D' Al Fath 12, Balebak, Dramaga, Bogor/ 08561941095
 - f. Alamat Email : januar.sigit@gmail.com
4. Anggota Pelaksana Kegiatan/Penulis : 4 (Empat) Orang
5. Dosen Pendamping
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : M. Khotib, S.Si, M.Si
 - b. NIDN : 0018107802
 - c. Alamat Rumah dan No. Telp/HP : Jl. Lodaya II No. 3, Bogor 16151/ 082123747385
6. Biaya Kegiatan Total
 - a. Dikti : Rp 10.000.000,00
 - b. Sumber lain (sebutkan) : -
7. Jangka Waktu Pelaksanaan : 4 bulan

Bogor, Juli 2013

Menyetujui,
Ketua Departemen Kimia


Prof. Dr. Ir. Tun Tedja Irawadi, MS
NIP. 19501227 1976032 1 003

Ketua Pelaksana



Sigit Eko Januar
NIM. G44090081

Wakil Rektor
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan



Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MS
NIP. 19581228 198503 1 003

Dosen Pendamping


M. Khotib, S.Si, M.Si
NIDN. 0018107802

Abstract

Duckweed has a potency as heavy metals (Cr and Pb) bioadsorbent. Treatment was established by varying adsorbent weight, pH, and contact time. Dry sample characterization by FTIR showing any functional groups which is responsible to its adsorption ability. Optimizing condition of Cr and Pb adsorption was done by using Central Composite Design involving 3 free variables and 2 coded level. Result showed that Cr adsorption tend to be affected by adsorbent weight and contact time while Pb adsorption tend to be affected by pH and contact time. The adsorptivity of Pb is larger than Cr. Both of those adsorption following Freundlich isotherm.

Keywords: *duckweed, adsorption, optimum condition, adsorption isotherm*

Kata Pengantar

Puji dan Syukur Penyusun ucapkan ke Hadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Akhir dari PKM-P dengan judul "*Analisis Potensi dan Kondisi Optimum Tanaman Mata Lele (Lemna sp) Sebagai Adsorben Logam Berat Cr dan Pb*". Kami juga tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada bapak M. Khotib, M.Si. selaku pembimbing atas ilmu dan bimbingan selama ini sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan dan kegiatan ini berlangsung

Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi-Kemendikbud dan Direktorat Kemahasiswaan IPB atas segala fasilitas dan layanan yang telah diberikan.

Kami menyadari bahwa dalam pelaksanaan kegiatan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran membangun kami harapkan dari para pembaca semua. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan Indonesia.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber kehidupan yang memengaruhi kelangsungan hidup organisme. Pencemaran air merupakan salah satu masalah lingkungan yang hingga saat ini menjadi pusat perhatian. Pencemaran air ini terutama disebabkan oleh pembuangan limbah industri yang masih mengandung zat berbahaya. Limbah industri yang mengandung banyak logam berat seperti Pb, Cu, Zn, dan Cr (Kiurski *et al.* 2012) tentu akan memengaruhi kelangsungan ekosistem akuatik. Selain itu, air yang dikonsumsi masyarakat dapat tercemar sehingga menimbulkan berbagai masalah kesehatan.

Krom valensi tiga (Cr^{3+}) dan krom valensi enam (Cr^{6+}) merupakan bentuk senyawa krom yang paling banyak dijumpai di lingkungan perairan alami. Senyawa Cr(VI) terdapat sebagai ion kromat, CrO_4^{2-} atau ion dikromat $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, sedangkan senyawa Cr(III) ditemukan dalam bentuk ion Cr^{3+} , $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ (Clesceri *et al.* 1998). Krom valensi enam, hampir semuanya berbentuk anion, sangat larut dalam air dan relatif stabil. Krom valensi tiga hampir semuanya berbentuk kation atau netral serta cenderung membentuk senyawa kompleks kuat dengan amina dan akan teradsorpsi oleh mineral tanah (Ahmad 1992). Perbedaan tingkat oksidasi krom ternyata menyebabkan perbedaan pula pada sifat toksiknya. Krom valensi enam, seribu kali lebih toksik dibandingkan krom valensi tiga (Massaro 1997).

Timbal merupakan logam berat yang bersifat sedikit lunak. Timbal merupakan logam yang sangat beracun (jika terhirup atau tertelan) dan mempengaruhi hampir setiap organ dalam tubuh. Target utama toksisitas timbal adalah sistem syaraf. Paparan dalam jangka panjang pada orang dewasa, dapat mengakibatkan penurunan kinerja sistem syaraf (Golub 2005), nefropati, kolik, dapat menyebabkan kelemahan pada jari, pergelangan tangan, dan pergelangan kaki.

Keberadaan logam berat dalam perairan tersebut tentu perlu diminimalisasi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan tentu dengan menjerap logam berat tersebut menggunakan material yang sesuai. Banyak material yang telah diteliti dan digunakan sebagai adsorben karena kapasitas adsorpsinya yang tinggi, misalnya bentonit (Hefne *et al.* 2008) dan jerami (Sayed *et al.* 2010). Material yang diharapkan dapat memenuhi tujuan ini tentu haruslah tersedia dalam jumlah besar, mudah diperoleh, serta murah sehingga akan lebih unggul dibandingkan material lainnya. Dasar inilah yang mendorong banyak peneliti menggunakan material yang berasal dari alam untuk dikonversi menjadi adsorben logam berat.

Tanaman *mata lele* (*Lemna sp*) merupakan kelompok paku air yang tumbuh mengapung di permukaan perairan yang subur (Tam *et al.* 2003). Tanaman tersebut selain digunakan sebagai pakan ternak, juga diduga memiliki kemampuan adsorpsi terhadap logam berat (Dhabab 2011). Kemudahan tanaman ini untuk dikembangbiakan juga menjadi alasan pemilihan tanaman ini. Melalui penelitian ini, diharapkan mampu memberikan alternatif material adsorben dalam upaya mereduksi tingkat pencemaran perairan akibat limbah industri.

Rumusan Masalah

Logam berat yang terdapat dalam perairan dapat menjadi sumber masalah kesehatan bagi masyarakat dalam jangka waktu tertentu baik secara langsung atau tidak langsung. Pengaruh langsung terutama disebabkan oleh konsumsi air tersebut oleh masyarakat, sedangkan secara tidak langsung keberadaan logam berat tersebut akan memengaruhi kehidupan organisme akuatik yang nantinya mungkin akan dikonsumsi oleh manusia sebagai konsumen tingkat akhir.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan mengukur potensi mata lele sebagai adsorben logam berat dan mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi kapasitas adsorpsinya.

Luaran

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan satu alternatif material baru untuk menangani limbah keluaran industri yang mengandung logam-logam berat pencemar lingkungan sehingga diharapkan mampu meningkatkan nilai tambah mata lele yang biasanya hanya digunakan sebagai pakan ternak.

Kegunaan Program

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi suatu media untuk mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh di perguruan tinggi dan menjadi media untuk turut berkontribusi dalam menyelesaikan masalah lingkungan hidup.

II. METODE PENELITIAN

Preparasi dan karakterisasi tanaman mata lele

Tanaman mata lele dikumpulkan dari daerah yang jauh dari polusi industri. Tanaman dibersihkan dari pengotor padat dan dicuci dengan air hingga bersih. Contoh dikeringkan dengan bantuan sinar matahari selama 2-3 hari. Contoh yang telah kering kemudian digiling dan disimpan dalam plastik tertutup rapat. Sejumlah kecil sampel kering dikarakterisasi gugus fungsi aktifnya menggunakan instrumen Fourier Transformation Infra Red (FTIR) pada bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1} .

Penentuan kadar protein tanaman mata lele dengan metode Kjeldahl

Sebanyak 0.5 g serbuk tanaman mata lele mula-mula ditambahkan 12.5 mL asam sulfat pekat dan selenium. Larutan tersebut kemudian didestruksi hingga seluruh asap SO_2 hilang dan larutan berubah menjadi hijau jernih. Setelah itu larutan didinginkan dan diencerkan dengan 50 mL akuades. Larutan kemudian dikocok hingga larutan jernih. Setelah itu, larutan tersebut dipindahkan ke dalam labu didih dan ditambah 25 mL NaOH. Sebanyak 25 mL asam borat 4% yang ditambah indikator bromkresol hijau juga dipersiapkan sebelumnya dalam labu erlenmeyer. Larutan tersebut kemudian didestilasi hingga warna asam borat dalam labu penampung berubah warna menjadi merah. Setelah itu, larutan tersebut dititrasi dengan HCl 0.1 N. Kadar protein ditentukan berdasarkan nilai persentase nitrogen (%N) yang diperoleh berdasarkan faktor konversi sebagai berikut :

$$\text{Kadar Protein} = 6,25 \times \%N$$

Preparasi air limbah sintetik

Larutan kation logam dibuat berdasarkan larutan stok standar logam (Cr dan Pb) dengan konsentrasi 1000 ppm. Derajat keasaman air limbah diatur sedemikian rupa menggunakan larutan HCl 1 N atau NaOH 5 N. Konsentrasi aktual logam dalam air limbah ditentukan secara kuantitatif menggunakan instrumen Spektroskopi Serapan Atom (SSA).

Penentuan parameter optimum adsorpsi

Parameter yang dijadikan sebagai variabel bebas meliputi bobot adsorben, pH, dan waktu kontak. Metode optimasi yang digunakan adalah *Central Composite Design (CCD)* dengan rentang pH yang digunakan yaitu 3-9, waktu kontak selama 30-180 menit, dan bobot adsorben sebanyak 1-2 gram. Berdasarkan rentang nilai variabel tersebut dapat diperoleh level terkode ketiga parameter tersebut yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai parameter terkode pada *Central Composite Design*.

Parameter Perlakuan	Perlakuan Terkode				
	-1,682	-1	0	1	1,682
Bobot Adsorben (g)	0,659	1	1,5	2	2,341
pH adsorbat	1	3	6	9	11
Waktu Kontak (menit)	19	60	120	180	221

Level-level terkode tersebut menunjukkan level tertinggi (1), level tengah (0) dan level terendah (-1). Desain CCD menggunakan tiga variabel bebas akan menghasilkan nilai rotabilitas sebesar 1,628 sehingga nilai $\pm 1,628$ termasuk nilai yang digunakan untuk pengkodean. Berdasarkan hasil CCD dihasilkan 20 kombinasi kondisi adsorpsi dengan variabel respon berupa nilai efisiensi adsorpsi logam.

Nilai persentase efisiensi adsorpsi diolah menggunakan CCD untuk mendapatkan kontur dan kondisi optimum adsorpsi. Proses optimasi dilakukan dengan menggunakan konsentrasi awal adsorbat Cr dan Pb masing-masing sebesar 100 ppm. Proses adsorpsi dilakukan dengan cara menambahkan sejumlah 50 ml larutan adsorbat Cr dan Pb dengan pH tertentu ke dalam erlenmeyer 100 ml yang sebelumnya telah ditambahkan adsorben dengan bobot tertentu.. Larutan uji dikocok dengan kecepatan 150 rpm selama waktu yang telah ditentukan (lihat Tabel 1). Larutan kemudian disaring dan kandungan logam yang tersisa dalam filtrat diukur menggunakan SSA.

Penentuan isoterm adsorpsi

Tahap ini dilakukan setelah dilakukannya optimasi kondisi dan diperoleh data kondisi optimum percobaan, yaitu pH adsorbat, waktu kontak, dan bobot adsorben optimum. Sebanyak 50 ml larutan adsorbat Cr dan Pb pada pH optimum dengan konsentrasi 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, dan 200ppm masing-masing ditambahkan serbuk tanaman mata lele (bobot optimum). Campuran kemudian dikocok dengan kecepatan 200 rpm selama waktu optimum.

Larutan selanjutnya didiamkan sebentar dan disaring menggunakan kertas saring Whatman 42. Konsentrasi Cr dan Pb dalam filtrat diukur menggunakan SSA.

III. PELAKSANAAN PROGRAM

Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juni 2013 bertempat di Laboratorium Organik Departemen Kimia Institut Pertanian Bogor.

Rekapitulasi dan Rincian Biaya

Berikut merupakan rincian dana yang telah terpakai selama pelaksanaan penelitian hingga saat ini.

NO	Keterangan Kegiatan	Biaya
1.	Pengambilan Sampel Tanaman	
	- Upah pengambilan sampel 2 kali	Rp 300.000,00
2.	Biaya pemakaian Laboratorium Organik	Rp 1.000.000,00
3.	Pembelian peralatan penunjang penelitian	
	- Alat tulis dan log book	Rp 50.000,00
	- Nampan bambu	Rp 30.000,00
	- Transport	Rp 6.000,00
	- Plastik wrap	Rp 46.000,00
	- Aluminium foil	Rp 50.000,00
	- Tissue	Rp 41.000,00
4.	Pembelian bahan kimia	
	- Kertas saring Whatmann 2 pack	Rp 180.000,00
	- Akuades 60 liter	Rp 300.000,00
5.	Analisis FTIR	
	- Biaya analisis FTIR I	Rp 300.000,00
	- Transport	Rp 33.000,00
6.	Analisis Kjehdahl	
	- Biaya analisis	Rp 250.000,00
	- Transport	Rp 20.000,00
7.	Persiapan Monev I dan II IPB	
	- Cetak proposal	Rp 25.000,00
	- Cetak Foto	Rp 8.500,00
8.	Analisis Spektroskopi Serapan Atom	
	- Biaya Analisis 100 Kali (@Rp 50.000,00)	Rp 5.000.000,00
9.	Biaya Pemakaian Bahan Kimia	
	- Logam Pb	Rp 450.000,00
	- Logam Cr	Rp 400.000,00
	- HCl 1 N 1,5 Liter	Rp 630.000,00
	- NaOH 1 N 1 Liter	Rp 450.000,00
	TOTAL	Rp 9.569.500,00
	DANA PKM DIKTI	Rp 10.000.000,00

	SALDO	Rp 430.500,00
--	-------	---------------

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

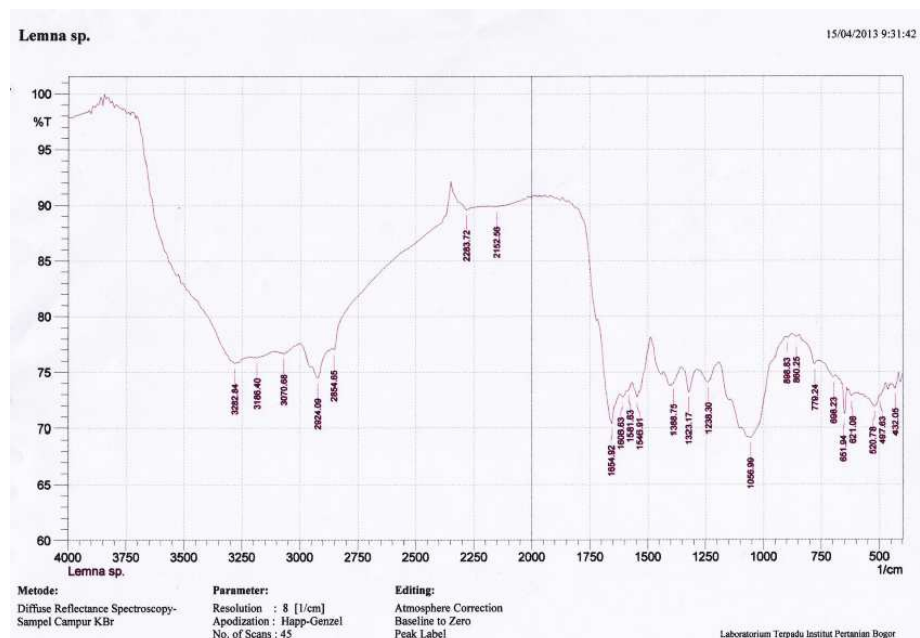
Hasil Penelitian

a. Penentuan kadar protein

Hasil analisis kadar protein menunjukkan bahwa sampel tanaman mata lele yang diuji memiliki persentase nitrogen (%N) sebesar 5,17%. Berdasarkan nilai tersebut dapat diketahui kadar protein dalam tanaman mata lele sebesar 32,3125%.

b. Karakterisasi menggunakan FTIR

Spektrum serapan hasil analisis sampel tanaman mata lele sebelum proses penjerapan logam berat diberikan sebagai berikut :



Gambar 1 Hasil analisis FTIR sampel tanaman mata lele

c. Penentuan kondisi optimum adsorpsi

Penentuan kondisi optimum adsorpsi logam Cr dan Pb dilakukan secara terpisah. Tahap ini didahului dengan proses screening fraksional faktorial dengan tiga variabel dan 2 level terkode.

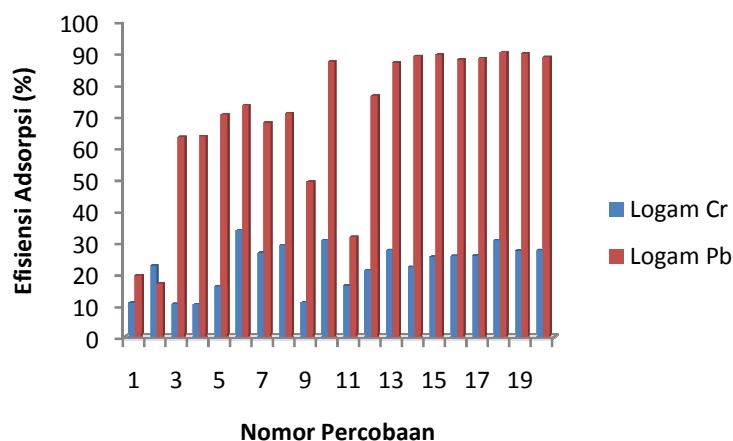
Tabel 1 Hasil screening fraksional faktorial logam Cr

No	Bobot (g)	pH	WaktuKontak (menit)	Konsentrasi (ppm)	EfisiensiAdsorpsi (%)
1	1	3	60	112.0307	12,9848

2	1	3	180	107.9111	16,1846
3	1	9	60	115.7946	33,1168
4	1	9	180	111.8232	35,4107
5	3	3	60	98.6940	23,3435
6	3	3	180	92.2484	28,3499
7	3	9	60	98.0716	43,3537
8	3	9	180	74.0063	57,2538

Tabel 2 Bentuk perlakuan terkode baru logam Cr berdasarkan hasil screening fraksional faktorial.

Parameter Perlakuan	Perlakuan Terkode				
	-1,682	-1	0	1	1,682
Bobbot Adsorben (g)	0,318	1	2	3	3,682
pH adsorbat	0,977	2	3,5	5	6,023
Waktu Kontak (menit)	19,08	60	120	180	220,92



Gambar 2 Hasil pelaksanaan CCD logam Cr dan Pb.

Pembahasan

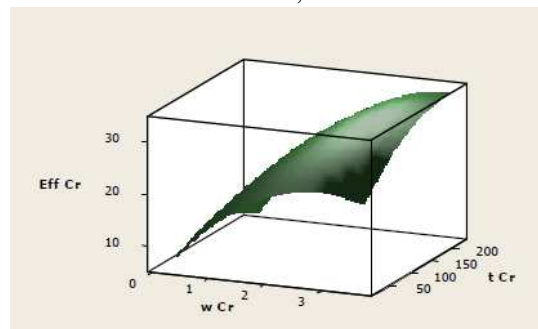
Tahap penyiapan sampel dilakukan terhadap 5 kg sampel basah. Tahap ini memiliki persentase rendemen sebesar 3,1%. Hasil analisis FTIR sampel tanaman mata lele menunjukkan kandungan karbohidrat yang dibuktikan dengan lebarnya serapan di daerah 1056 cm^{-1} dan di daerah $3200\text{-}3550\text{ cm}^{-1}$. Serapan pada daerah 3282 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus amina dan serapan pada daerah 1654 cm^{-1} dapat diinterpretasikan sebagai gugus karbonil teresonans NH_2 . Dua serapan tersebut semakin menguatkan bukti bahwa terdapat protein dalam tanaman mata lele. Selain itu, bentuk serapan lain yang mungkin bertanggung jawab terhadap kemampuan adsorpsi sampel pada logam berat ialah serapan

gugus sulfida dan turunannya yang dapat dilihat pada daerah $1200-1388\text{ cm}^{-1}$ dan $651,94\text{ cm}^{-1}$.

Analisis kadar protein dalam sampel mata lele dilakukan dengan metode Kjeldahl. Sejumlah tertentu sampel tanaman didestruksi kemudian dititrasi untuk mendapatkan nilai kandungan nitrogen dalam sampel. Berdasarkan persentase nitrogen tersebut dapat ditentukan persentase protein dengan menggunakan nilai faktor konversi sebesar 6,25. Analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tanaman mata lele memiliki kandungan protein yang cukup tinggi, yakni sebesar 32,3125%.

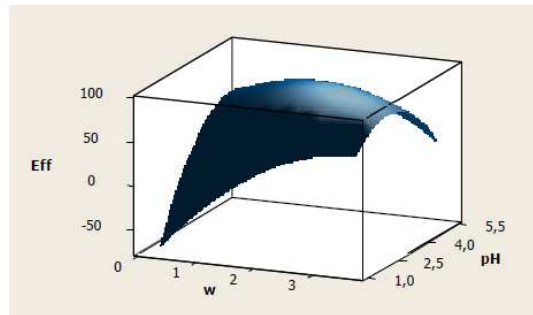
Analisis kemampuan adsorpsi tanaman mata lele terhadap logam berat Cr dan Pb dilakukan secara terpisah. Hal ini didasarkan pada fakta bahwa pencampuran dua larutan induk Cr dan Pb cenderung akan menghasilkan endapan pada pH larutan >5 . Oleh karena itu, tahap *screening* fraksional faktorial hanya dilakukan pada logam Cr karena logam Cr cenderung larut pada rentang pH yang lebar, sedangkan parameter terkode untuk penjerapan logam Pb diubah berdasarkan sifat logam Pb yang cenderung membentuk agregat pada pH tinggi.

Pada dasarnya proses penjerapan logam Cr lebih baik dilakukan pada pH tinggi (basa) dibandingkan pada pH asam. Meskipun demikian, peneliti memutuskan untuk menguji kemampuan adsorpsi logam Cr pada pH asam hingga netral dengan mempertimbangkan fakta bahwa limbah Cr di industri umumnya dijumpai dalam kondisi asam. Penentuan kondisi optimum logam Cr dan Pb dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Minitab 14. Hasil menunjukkan bahwa pada proses adsorpsi logam Cr, besarnya bobot adsorben dan waktu kontak lebih berpengaruh secara nyata dibandingkan variabel pH. Proses optimasi menghasilkan nilai optimum adsorpsi pada bobot adsorben 3,626 g; pH 1,412; dan waktu kontak selama 220,920 menit.



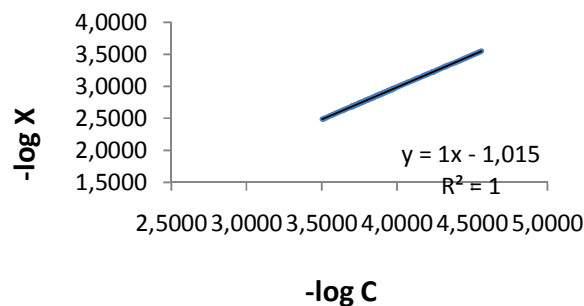
Gambar 3 Grafik hubungan antara waktu dan bobot adsorben terhadap efisiensi adsorpsi

Hasil optimasi adsorpsi logam Pb menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi diperoleh pada nilai bobot adsorben 2 gram; pH 3,0; dan waktu kontak selama 120 menit. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat diketahui bahwa kemampuan tanaman mata lele menyerap logam Pb lebih baik daripada logam Cr



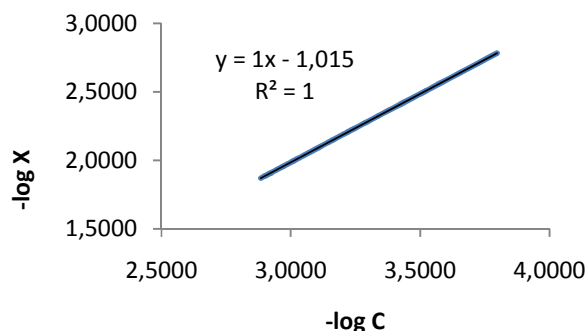
Gambar 4 Grafik hubungan antara pH dan bobot adsorben terhadap efisiensi adsorpsi

Hasil penentuan isoterm adsorpsi menunjukkan bahwa proses penyerapan logam Cr dan Pb mengikuti kinetika isotermal Freundlich. Hal ini dibuktikan dengan nilai regresi yang sangat tinggi. Adapun bentuk kemiringan dua kurva isotermal yang positif menunjukkan bahwa proses adsorpsi sangat dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi logam dalam sampel, artinya jumlah logam berat yang diadsorpsi akan semakin tinggi dengan meningkatnya konsentrasi logam dalam larutan uji.



Gambar 5 Grafik isotermal adsorpsi logam Cr

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui pula bahwa tingkat keterjerapan logam Pb jauh lebih besar dibandingkan logam Cr. Hal ini mengingat dalam bentuk terlarut, ukuran ion Pb^{2+} lebih kecil dibandingkan CrO_4^{2-} atau $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ sehingga proses kompleksasi Pb akan lebih mudah karena efek sterik dan tolakan elektron donor dari gugus amina/sulfida oleh elektron valensi oksigen lebih rendah. Selain itu, proses adsorpsi logam Cr yang dilakukan pada pH sangat asam (pH 1,4) mengakibatkan gugus amina dan sulfida dapat terprotonasi sehingga mengurangi kemampuan pendonoran elektron untuk mengompleks logam.



Gambar 6 Grafik isothermal adsorpsi logam Pb

V. KESIMPULAN

Tanaman mata lele memiliki kandungan protein yang cukup tinggi. Hal ini diperkuat dengan adanya serapan khas pada spektrum FTIR. Hasil analisis menunjukkan bahwa tanaman mata lele berpotensi sebagai bioadsorben. Tingkat keterjerapan logam Pb jauh lebih besar dibandingkan logam Cr. Penjerapan logam Cr cenderung dipengaruhi oleh bobot adsorben dan waktu kontak, sedangkan keterjerapan logam Pb ditentukan oleh pH dan waktu kontak. Kedua proses adsorpsi tersebut mengikuti kinetikai sothermal Freundlich.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad H. 1992. *Kimia Unsur dan Radio Kimia*. Bandung (ID): PT Citra Aditya Bakti.
- Clesceri LS, Alnold EG, Andrew EE. 1989. *Standard Method for The Examination of Water and Wastewater* Ed. 20. Washington DC: CRC Press.
- Dhabab JM. 2011. Removal of some heavy metal ions from their aqueous solution by duckweed. *Journal of Toxicology and environmental Health Science* 3(6) : 164-170
- Golub MS. 2005. *Metals, Fertility and Reproductive Toxicity*. New York :Taylor and Francis Hefne JA *et al.* 2008. Kinetic and thermodynamic study of the adsorption of Pb(II) from aqueous solution to the natural and treated. *International Journal of Physical Sciences* 3(11) : 281-288
- Kiurski *et al.* 2011. Adsorption feasibility in the Cr(Total) ions removal from waste printing developer. *Global NEST Journal* 14(1) : 18-23
- Massaro EJ. 1997. *Handbook of Human Toxicology*. Washington DC: CRC Press.
- Sayed GO, Dessouki HA, Ibrahim SS. 2010. Biosorption of Ni(II) and Cd(II) ions from aqueous solutions onto rice straw. *Chemical Sciences Journal* 9 : 1-11
- Tam SM, Boyce PC, Upson TM, Barabe D, Bruneau A, Forest F, Parker JS. 2003. Intergeneric and intrafamilial phylogeny of subfamily Monsteroideae (Araceae) revealed by chloroplast. *American Journal of Botany* 91(3):490-8.

