

Potensi *Alocasia macrorrhiza* Sebagai Fitoremediator Logam Kromium

Wahyu Surakusumah^{1*}, Tina Safaria Nilawati¹, Rizka Khairunisa¹

¹*Departemen Pendidikan Biologi, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia
E-mail: wahyu_bioupi@upi.edu*

Abstract

*Chromium and its compounds are widely used by several industries as raw material. Chromium when polluting the soil can have adverse effects on the environment and humans. One technique that can be used to remediate the quality of soil contaminated by chromium is the phytoremediation method. The purpose of this study was to identify the potential of *Alocasia macrorrhiza* as a phytoremediator chromium agent. The research was conducted in two stages consisting of media optimization stage and phytoremediation parameter measurement stage. The parameters measured consisted of plant biomass, chlorophyll content, physiological responses, factor translocation, factor biconcentration and factor tolerance. The results showed that *Alocasia macrorrhiza* has the potential as a phytoremediation agent for chromium-contaminated soils with concentrations less than 401 ± 0.02 ppm, has the ability to reduce chromium content in soils by 37.94% and the mechanism of metal chromium absorption through rhizofiltration.*

Keywords: Alocasia macrorrhiza, chromium, phytoremediation

PENDAHULUAN

Kromium dan senyawanya memiliki beragam penggunaan di industri. Beberapa pemanfaatan kromium diantaranya digunakan dalam industri produksi baja tahan api, pengolahan air menara pendingin, penyamakan kulit, pengawetan kayu. bahan pembersih, elektroplating, dan pembuatan katalitik dalam produksi asam kromat. Hasil dari pemanfaatan kromium diindustri akan berdampak dihasilkannya limbah yang berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan yang tersebar luas yang ditunjukkan oleh keberadaan Cr di lingkungan yang mengalami peningkatan bioavailabilitas dan biomobilitasnya (Kotas dan Stasicka, 2000).

Kromium dan senyawanya bersifat toksik dapat menyebabkan gangguan ekosistem dan menyebabkan keracunan akut serta keracunan kronis pada manusia. Dampak logam ini terhadap manusia dapat menyebabkan alergi, kerusakan organ, kerusakan sistem imun dan menyebabkan kanker (Shrivastava *et al.*, 2012). Untuk mengatasi pencemaran logam kromium dapat digunakan beberapa alternatif remediasi diantaranya secara kimiawi dan biologi. Remediasi secara biologi memiliki keunggulan dibandingkan secara kimia karena ramah lingkungan dan ekonomis, akan tetapi memiliki kelemahan karena memerlukan waktu yang lebih lama (Shivakumar *et al.*, 2014). Fitoremediasi merupakan teknik remediasi biologi memanfaatkan tumbuhan sebagai agen fitoremediator. Potensi

fitoremediasi ditunjukkan pada proses remediasi limbah cair yang terkontaminasi oleh logam krom menunjukkan terjadi penurunan konsentrasi krom dalam selang waktu 60 hari sebesar 99% dengan peningkatan akumulasi logam kromium tertinggi terdapat pada tanaman *Echinodorus palaefolius* sebesar 6.12 ppm, tanaman *Pontederia lanceolata* sebesar 2.45 ppm dan pada tanaman *Zantheseschia aethiopica* sebesar 1.38 ppm (Malik dkk, 2016).

Tumbuhan yang berpotensi sebagai fitoremediator dapat dideteksi dari keberadaan tanaman tersebut di daerah yang mengalami pencemaran. Tanaman yang bisa tumbuh pada daerah tercemar akan memenuhi persyaratan tanaman yang dapat dijadikan fitoremediator logam krom diantaranya adalah dapat tumbuh dengan baik, tidak terganggu proses fisiologisnya oleh polutan dan dapat menyerap polutan dari media yang tercemar (Gerhardt *et al.*, 2017). Salah satu daerah yang terdapat banyak industri pengolahan kulit adalah Desa Sukaregang, Garut Jawa Barat. Di daerah perindustrian tersebut sering ditemukan tanaman *Alocasia macrorrhiza* yang tumbuh dengan baik. Berdasarkan hal tersebut diduga bahwa tanaman tersebut mempunyai potensi sebagai agen fitoremediator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dari tanaman *Alocasia macrorrhiza* sebagai tanaman fitoremediator logam krom dan efisiensinya terhadap penurunan konsentrasi logam krom pada media tanah yang tercemar.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahapan yaitu tahap optimasi media tanam dan perlakuan. Pada tahap pertama bertujuan untuk memilih media tanam optimum yang tidak menyebabkan gangguan fisiologis pada tumbuhan dan selanjutnya media tersebut digunakan untuk media perlakuan. Tahapan kedua adalah pengukuran parameter untuk mengidentifikasi potensi tanaman *Alocasia macrorrhiza* sebagai agen fitoremediator dan efisiensi penyisihan logam krom pada tanah.

Limbah dan Media Tanam

Limbah yang digunakan dalam penelitian adalah lumpur yang diambil dari endapan pada bak-bak Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) industri penyamakan kulit di Kecamatan Sukaregang, Kabupaten Garut. Limbah dikeringkan hingga berbentuk padatan dan berwarna putih kebiruan. Padatan limbah disaring menggunakan saringan dengan ukuran 2 mm. Media tanam yang digunakan adalah tanah gembur yang dicampurkan dengan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1 (Singh *et al.*, 2011). Media tanam kemudian dicampur limbah penyamakan kulit dengan perbandingan limbah dan media tanam sebesar 1:10; 1:15, dan 1:20. Tanaman *Alocasia macrorrhiza* yang akan digunakan diaklimatisasi terlebih dahulu sebelum ditanam pada media tanam perlakuan.

Pengukuran Parameter Fitoremediasi

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah respon fisiologis tanaman, biomassa tanaman, kandungan klorofil, dan kandungan kromium. Pengukuran kadar klorofil menggunakan metode *spectrophotometer* dengan alat GenesysTM 10S UV-Vis *Spectrophotometer* pada gelombang 649 nm dan 665 nm. Pengukuran kandungan Cr total menggunakan *Atomic Absorbance Spectrophotometri* (AAS).

HASIL

Optimasi Media Tanam dan Respon Tumbuhan *Alocasia macrorrhiza*

Respon Tanaman *Alocasia macrorrhiza* terhadap konsentrasi pencemaran logam krom pada media tanam dapat ditunjukkan pada Tabel 1. Respon tanaman *Alocasia macrorrhiza* pada perlakuan media tanam limbah dan media tanah dengan perbandingan 1:10 dan 1:15 menunjukkan adanya gangguan fisiologis berupa terjadinya klorosis dan nekrosis pada daun dan mengalami kelayuan tanaman. Pada kontrol dan perlakuan dengan perbandingan limbah dan media tanah 1:20 tidak menunjukkan gangguan fisiologis dengan tidak munculnya klorosis dan nekrosis pada daun dan tanaman tidak mengalami kelayuan.

Tabel 1. Respon Fisiologis Tanaman *Alocasia macrorrhiza*

Rasio Limbah : Media Tanah	Respon Fisiologis				
	Layu	Klorosis	Nekrosis	Penurunan Biomassa (%)	Penurunan Kadar klorofil (%)
0:1	-	-	-	12.3	7.15
1:10	+	+	+	56.1	43.2
1:15	+	+	+	36.2	28.3
1:20	-	-	-	18.3	8.6

Keterangan: - = tidak muncul; + = Muncul

Gangguan fisiologis pada tanaman berupa munculnya klorosis, nekrosis dan kelayuan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dan kandungan klorofil tanaman. Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa biomassa tanaman mengalami penurunan pada rentang 12.3% sampai dengan 56.2%, sedangkan kandungan klorofil mengalami penurunan antara 7.15% sampai dengan 43.2 %. Hal tersebut menunjukkan adanya gangguan fisiologis yang berpengaruh terhadap biomassa dan kandungan klorofil terutama untuk media perlakuan dengan perbandingan limbah dan media tanah 1:10 dan 1:15. Berdasarkan hasil uji statistik antara media kontrol dan media perlakuan 1:20 untuk parameter biomassa dan kandungan klorofil ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai signifikansi uji T

Variabel	Nilai Signifikansi
Biomassa kontrol-perlakuan 1:20	0.066
Klorofil control-perlakuan 1:20	0.083

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk parameter biomassa kontrol dengan perlakuan media 1:20 menunjukkan bahwa nilai signifikansi adalah 0.066 ($p > 0.05$) menunjukkan bahwa tidak terjadi perbedaan signifikan antara penurunan biomassa tanaman pada kontrol dengan perlakuan media 1:20. Sedangkan untuk parameter kandungan klorofil total antara kontrol dengan perlakuan media 1:20 menunjukkan nilai signifikansi 0.083 ($p > 0.05$) yang berarti tidak ada perbedaan signifikan antara kandungan klorofil antara perlakuan kontrol dengan perlakuan media 1:20.

Efektivitas Penurunan Kromium

Potensi *Alocasia macrorrhiza* sebagai agen fitoremediator dapat ditunjukkan dalam peranannya menurunkan kandungan logam krom pada tanah yang tercemar. Tabel 3 menunjukkan

penurunan kadar kromium pada tanah. Tanaman *Alocasia macrorrhiza* mampu menurunkan kandungan kromium pada tanah sebesar 37.94% dalam selang waktu 10 hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman *Alocasia macrorrhiza* dapat menyerap logam kromium dalam tanah.

Tabel 3. Rata-rata Kandungan Kromium Pada Tanah (ppm)

	Kontrol	Perlakuan
Awal (t_0)	<0.01	401 ± 0.02
Akhir (t_{10})	<0.01	248.85 ± 0.02

Untuk mengidentifikasi mekanisme tanaman *Alocasia macrorrhiza* dalam proses remediasi logam kromium pada tanah dilakukan pengukuran akumulasi logam kromium pada bagian daun dan akar. Tabel 4 menunjukkan akumulasi logam kromium pada organ daun dan akar pada tanaman *Alocasia macrorrhiza*.

Tabel 4. Rata-rata Kadar Kromium pada Organ Daun dan Akar

	Daun (ppm)	Akar (ppm)
Awal (t_0)	0.234 ± 0.03	<0.010
Akhir (t_{10})	0.343 ± 0.111	27.075 ± 13.135

Tabel 4 menunjukkan kadar kromium pada tanaman baik pada organ daun maupun akar meningkat setelah diberi perlakuan limbah. Pada organ daun, kadar kromium total meningkat sebanyak 46.58% sedangkan pada organ akar sebesar 870.650%. Hal ini menunjukkan penyerapan kromium pada akar sangat tinggi namun penyerapan kromium pada daun rendah. Parameter potensi sebagai fitoremediator juga dapat diidentifikasi dari nilai Translokasi Faktor (TF), Biokonsentrasi Faktor (BCF) dan Toleransi Indeks (TI) seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Translokasi Faktor, Biokonsentrasi Faktor dan Toleransi Indeks

TF	BCF	TI
0.0127	0.1088	0.940

Translokasi faktor mengindikasikan kemampuan tanaman untuk mentransfer kromium dari akar ke organ yang lainnya. BCF adalah nilai yang mengindikasikan kemampuan tanaman untuk menyerap kromium dari tanah, sedangkan TI adalah nilai untuk menunjukkan perbandingan pertumbuhan pada media perlakuan dan kontrol (Mellem *et al.*, 2012). Nilai $TF < BCF$ menunjukkan bahwa kromium yang ditranslokasi ke jaringan pucuk sangat sedikit pada tumbuhan *Alocasia macrorrhiza* dan nilai TI kurang dari 1 menunjukkan bahwa tanaman yang ditanam pada media perlakuan 1:20 masih mengalami stres akibat cekaman kromium.

PEMBAHASAN

Tanaman *Alocasia macrorrhiza* menunjukkan respon yang berbeda terhadap perbedaan konsentrasi kromium dalam media tanam. Pada media dengan perbandingan antara limbah dan tanah 1:10 dan 1:15 terjadi klorosis, nekrosis dan layu. Klorosis ditandai oleh munculnya bercak berwarna kuning yang diakibatkan adanya penurunan kandungan klorofil pada daun dan nekrosis adalah bercak

coklat pada daun dikarenakan terjadinya kematian sel-sel daun. Klorosis dan nekrosis terjadi karena logam kromium bersifat toksik dan mempengaruhi proses sintesis klorofil. Kromium pada konsentrasi 1 ppm menyebabkan terjadi penumpukan asam amino levulinat (ALA), mengurangi aktivitas δ -aminolevulinat asam dehidratase (ALAD) dan nitrat reduktase (NR) sehingga menyebabkan gangguan biosintesis klorofil total (Chl) dan kandungan protein. Chl a lebih sensitif daripada Chl b terhadap toksisitas kromium. Toksisitas kromium tidak berpengaruh terhadap tingkat sintesis ALA, tetapi pada penurunan aktivitas ALAD yang menyebabkan gangguan biosintesis klorofil (Vajpaye *et al.*, 2000). Hasil pengukuran kandungan klorofil pada Tabel 1 menunjukkan perlakuan media tanam dengan perbandingan 1:10 dan 1:15 mengalami penurunan kandungan klorofil pada daun sebesar 43.2% dan 28.3%. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman mengalami gangguan fisiologi dengan terhambatnya biosintesis klorofil sehingga terjadi penurunan kadar klorofil total pada daun dan menyebabkan kematian sel daun. Efek yang sama dilaporkan oleh Hadif *et al.* (2015) yang melaporkan bahwa pemaparan kromium menyebabkan terjadinya penurunan kandungan klorofil a dan klorofil b pada daun *Oryza sativa* L.

Pada perlakuan dengan perbandingan limbah dan media tanam 1:20 tidak ada respon klorosis dan nekrosis akan tetapi terdapat penurunan kandungan klorofil sebesar 8.6%. Tabel 2 menunjukkan hasil uji statistik antara kandungan klorofil kontrol dengan perlakuan media tanam 1:20 mempunyai nilai signifikansi 0.083 atau ($p > 0.05$), mengindikasikan tidak ada perberbedaan signifikan kandungan klorofil pada kedua perlakuan tersebut. Hal tersebut menunjukkan kandungan kromium pada perlakuan media tanam 1:20 tidak berpengaruh terhadap biosintesis klorofil pada daun.

Penurunan kadar klorofil pada daun menyebabkan penurunan efisiensi fotosintesis yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Subrahmanyam (2008) melaporkan bahwa kromium dapat menurunkan efisiensi fotosintesis dengan cara menurunkan pembentukan ATP dan NADPH karena terhambatnya asimilasi CO_2 , meningkatkan peroksidasi lipid sehingga aktivitas superoksida dismutase dan katalase (CAT) meningkat dan menurunkan aktivitas askorbat peroksidase dan glutathione reduktase secara signifikan. Pengaruh kromium tersebut ditunjukkan dengan adanya penurunan biomassa pada perlakuan 1:10 dan 1:15 dimana terjadi penurunan biomassa sebesar 56.1% dan 36.2%. Hasil serupa juga dijelaskan oleh Ansari *et al.* (2013) dan Gomes *et al.* (2013) melaporkan bahwa ada pengurangan pertumbuhan dan biomassa tanaman dengan meningkatnya konsentrasi logam berat dalam medium pertumbuhan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kromium dengan konsentrasi tinggi dapat menghambat perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit (Sah *et al.*, 2001).

Pada perlakuan media tanah dengan perbandingan 1:20 juga mengalami penurunan biomassa sebesar 18.3%. Berdasarkan nilai TI tanaman *Alocasia macrorrhiza* pada Tabel 5 memiliki nilai 0.94. Nilai TI menunjukkan perbandingan pertumbuhan tanaman pada media kontrol dan media perlakuan, bila nilai $\text{TI} = 1$ menunjukkan tidak ada stres pada tumbuhan, sedangkan nilai TI *Alocasia macrorrhiza* sebesar 0.94 menunjukkan nilai lebih kecil dari 1. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman tersebut mengalami stres akibat adanya cekaman logam krom yang menyebabkan penurunan biomassa sebesar 6%. Untuk melihat pengaruh kandungan krom pada media tanah berdasarkan hasil uji statistik pada Tabel 2 nilai signifikasinya adalah 0.066 ($p > 0.05$) menunjukkan bahwa biomassa tanaman pada kontrol dengan perlakuan media tanam 1:20 tidak berbeda signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman *Alocasia macrorrhiza* yang ditanam pada media kontrol dan media perlakuan 1:20 mempunyai kemampuan tumbuh yang sama. Hal tersebut mengindikasikan bahwa tanaman tersebut dapat tumbuh pada tanah yang tercemar logam kromium sebesar 401 ± 0.02 ppm.

Potensi tanaman *Alocasia macrorrhiza* sebagai agen fitoremediator dapat diindikasikan dengan kemampuan tanaman tersebut menyisihkan kandungan kromium pada tanah. Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa *Alocasia macrorrhiza* dapat menurunkan konsentrasi kromium pada tanah

sebesar 37.94% dan Tabel 4 menunjukkan kemampuan tanaman mengakumulasi kromium pada bagian daun sebesar 0.343 ± 0.111 ppm dan akumulasi pada akar sebesar 27.075 ± 13.135 ppm. Proses pengikatan logam berat pada tanaman terjadi melalui mekanisme akumulasi logam berat dan toleransi tanaman terhadap logam berat. Akar berkontribusi dalam menyerap dan membatasi akumulasi logam berat dari lingkungan, konsentrasi logam berat yang tinggi dalam media dapat disimpan oleh jaringan dan daun (Tam *et al.*, 1998). Penelitian lain yang menunjukkan adanya kemampuan tanaman sebagai fitoremediator juga dilakukan oleh Sham *et al.* yang melaporkan bahwa *Urtica dioica* mempunyai potensi sebagai fitoremediator yang dapat mengakumulasi kromium pada akar sebesar 20 ppm dan pada daun 9.5 ppm.

Penyisihan kromium oleh tumbuhan dapat dilakukan dengan beberapa mekanisme yaitu fitoekstraksi, fitostabilisasi, fitoakumulasi dan rizofiltrasi. Untuk mengidentifikasi mekanisme penyisihan logam krom oleh tanaman dapat diidentifikasi berdasarkan parameter biokonsentrasi faktor dan translokasi faktor. Tumbuhan yang memiliki nilai biokonsentrasi dan translokasi faktor lebih besar dari 1 dapat dikategorikan sebagai fitoakumulasi (Usman *et al.*, 2013). Tanaman dapat dikategorikan sebagai fitostabilisator jika nilai faktor biokonsentrasi lebih dari 1 dan faktor translokasi kurang dari 1. Tanaman kategori fitoekstraktor jika memiliki biokonsentrasi faktor kurang dari 1 dan faktor translokasi lebih dari satu 1 dan tumbuhan kategori rizofiltrasi jika nilai biokonsentrasi dan translokasi faktor kurang dari satu (Sopyan dkk, 2014). Nilai tranlokasi faktor dan bioakumulator faktor *Alocasia macrorrhiza* pada Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai translokasi faktor logam kromium tanaman *Alocasia macrorrhiza* adalah 0.0127 dan biokonsentrasi faktornya adalah 0.1088. Berdasarkan nilai translokasi faktor dan nilai biokonsentrasi faktor menunjukkan bahwa nilai biokonsentrasi dan translokasi faktor kurang dari 1, dan nilai biokonsentrasi lebih besar dibandingkan nilai translokasi. Hal tersebut mengindikasikan kemampuan tanaman *Alocasia macrorrhiza* untuk mentransfer logam dari akar ke organ lain yang rendah dan cenderung akan diakumulasi di akar. Hal tersebut menunjukkan bahwa mekanisme kerja tanaman *Alocasia macrorrhiza* untuk mengurangi kandungan kromium pada tanah menggunakan mekanisme rizofiltrasi. Proses yang terjadi adalah akar mengeluarkan eksudat yang mengandung asam organik dan dapat berikatan dengan logam dari bentuk-bentuk yang sangat tidak larut dalam tanah dan bertindak sebagai ligan yang mengikat logam agar dapat diserap oleh akar (Panda and Choudhury, 2005). Akar *Alocasia macrorrhiza* menghasilkan eksudat kalsium oksalat sebesar 400 mg/100 g berat basah. Kalsium oksalat jika dilarutkan dalam air akan menghasilkan kalsium hidroksida yang mengendap dan asam oksalat yang dapat mengkonversi Cr anorganik menjadi Cr organik yang mudah diserap oleh akar tanaman (Holloway *et al.*, 1989).

KESIMPULAN

Tanaman *Alocasia macrorrhiza* berpotensi sebagai agen fitoremediasi tanah yang tercemar kromium dengan konsentrasi lebih kecil 401 ± 0.02 ppm, mempunyai kemampuan mengurangi kandungan kromium pada tanah sebesar 37.94% dan mekanisme penyerapan logam kromium melalui rizofiltrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansari, M. K. A., Shao, H. B., Umar, S., Ahmad, A., Ansari, S. H., Iqbal, M., Owens, G., 2013. *Screening Indian Mustard Genotypes for Phytoremediating Arsenic-Contaminated Soils*. Clean-Soil Air Water. 41:195–201.
- Gerhardt, E. K., Gerwing, P. D., Greenberg, B. M., 2017. *Opinion: Taking Phytoremediation From Proven Technology To Accepted Practice*. Plant Science. 256: 170-185.

- Gomes, M. P., Carvalho, M., Carvalho, G. S., Marques, T., Garcia, Q. S., Guilherme, L. R. G., Soares, A. M., 2013. *Phosphorus Improves Arsenic Phytoremediation by Anadenanthera peregrina by Alleviating Induced Oxidative Stress*. Int J Phytorem. 15:633–646.
- Hadif, W. M., Rahim, S. A., Sahid, I., Rahman, A., Ibrahim, I., 2015. *Influence of Chromium Metal on Chlorophyll Content in Leave of Paddy Oryza sativa L*. Int. J. Chem. Sci. 13(3): 1238-1252.
- Holloway, W. D., Argall, M. E., Jealous, W. T., Lee, J. A., Bradbury, H., 1989. *Organic Acids and Calcium Oxalate in Tropical Root Crops*. J. Agric. Food Chem. 37(2): 337-341.
- Kotas, J., and Stasicka, Z., 2000. *Commentary: Chromium Occurance in The Enviroment and Methods of Its Speciation*. Environ. Pollut. 107: 263-83.
- Malik, R. A., Surakusumah, W., Surtikanti, H. K., 2016. *Potensi Tanaman Air Sebagai Fitoakumulator Logam Kromium Dalam Limbah Cair Tekstil*. Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri. 7(1).
- Mellem, J. J., Baijnath, H., Odhav, B., 2012. *Bioaccumulation of Cr, Hg, As, Pb, Cu and Ni with the Ability for Hyperaccumulation by Amaranthus dubius*. African Journal of Agricultural Research. 7(4): 591-596.
- Panda, S. K., and Choudhury, S., 2005. *Chromium Stress in Plants*. Braz. J. Plant Physiol. 17(1): 95-102.
- Sah, F. R., Ahmad, N., Masodd, K. R., Peralta, V. J., 2010. *Plant Adaptation and Phytoremediation: Heavy Metal Toxicity in Plant*. Springer Science Business Media. 71-79.
- Singh, S., Singh, P. K., Kumar, V., Shukla, V. K., 2011. *Growth and Flower Yield of Tagetes patula Plants on Tannery Waste Amended Soil Medium*. Rec. Res. Sci. Tech. 3: 66-69.
- Shivakumar, D., Kandaswamy, A. N., Gomathi, V., Rajeshwaran, R., Murugan, N., 2014. *Bioremediation Studies on Reduction of Heavy Metals Toxicity*. Poll Res. 33(3): 553-558.
- Shrivastava, R., Upreti, R. K., Seth, P. K., Chaturvedi, U. C., 2002. *Effect of Chromium on The Immune System*. FEMS Immunology and Medical Microbiology. 34: 1-7.
- Sopyan, R., Sikanna, Sumarni, N. K., 2014. *Fitoakumulasi Merkuri oleh Akar Tanaman Bayam Duri Amaranthus Spinosis Linn. Pada Tanah Tercemar*. Online Journal of Natural Science. 3(1): 31-39.
- Subrahmanyam, D., 2008. *Effects of Chromium Toxicity on Leaf Photosynthetic Characteristics and Oxidative Changes in Wheat Triticum aestivum L*. Photosynthetica. 46.
- Tam, N. E. Y., Wong, Y. S., Lan, C. Y., Wang, L. N., 1998. *Litter Production and Decomposition in A subtropical Mangrove Swamp Receiving Wastewater*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 226(1): 1-18.
- Usman, A. R. A., Alkredaa, R. S., Al-Wabel, M. I., 2013. *Heavy Metal Contamination in Sediments and Mangroves From The Coast of Red Sea: Avicennia sp. Marina as Potential Metal Bioaccumulator*. Ecotoxicol Environ Saf. 97: 263-270.
- Vajpaye, P., Tripathi, R. D., Rain, U. N., Ali, M. B., Singh, S. N., 2000. *Chromium (VI) Accumulation Reduces Chlorophyll Biosynthesis, Nitrate Reductase Activity and Protein Content in Nymphaea alba L*. Chemosphere. 41(7): 1075-1082.