ANALISIS PERBEDAAN TANAMAN KAYU APU (*Pistia stratiotes*) sebagai FITOREMEDIASI MERKURI (Hg) PADA AIR

Abstract

Amalgamation on activities of gold processing produces liquid waste containing heavy metals mercury (Hg). Pistia stratiotes is a floating plant that has a high adaptability to the climate and has a rapid growth rate, the absorption of nutrients and large water making it possible to use as a phytoremediation plant to absorb metal Hg. This research purposes to analyze the differences between Hg in the water without Pistia stratiotes and within Pistia stratiotes weighing 300, 400, and 500 g/ 6 L with contact time 10 days.The type of research is true experimental.The data were analyzed using One Way Anova test with α = 0,05. The results showed significant differences of Hg levels between in control and treatment group (P <0,05). Pistia stratiotes with weighing 500 g/ 6 L gave the highest reduction to Hg level in liquid waste as much as 77.6%. Pistia stratiotes can be used as phytoremediation of Hg metal, but is necessary to do further research by adding the contact times variable so that it is known the absorption rate at each time.

***Keywords**: phytoremediation, mercury (Hg), Pistia stratiotes*

Intisari

Kegiatan pengolahan emas yang dilakukan secara amalgamasi menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat merkuri (Hg). Kayu apu merupakan tanaman terapung yang memiliki daya adaptasi tinggi terhadap iklim serta memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat, penyerapan unsur hara dan air besar sehingga memungkinkan digunakan sebagai tanaman fitoremediasi untuk menyerap logam Hg. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis perbedaan antara kadar Hg pada air tanpa kayu apu dan dengan penambahan kayu apu seberat 300 g/ 6 L, 400 g/ 6 L dan 500 g/ 6 L dengan waktu kontak 10 hari. Jenis penelitian yang dilakukan adalah *true eksperimental*. Data dianalisis menggunakan uji *One Way Anova* dengan α = 0,05. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan kadar Hg antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan (P< 0,05). Pemberian kayu apu seberat 500 g/ 6 L memberikan penurunan tertinggi terhadap kadar Hg pada limbah cair sebesar 77,6%. Kayu apu dapat digunakan sebagai fitoremediasi logam Hg, namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variabel waktu kontak sehingga diketahui tingkat penyerapan pada masing-masing waktu.

***Kata kunci**: fitoremediasi, merkuri (Hg), kayu apu*

PENDAHULUAN

Polusi Hg masih banyak ditemukan di lingkungan, baik pada tanah sekitar tempat pembuangan akhir sampah dan kolam lindi [1)]. Logam berat dapat diserap oleh tanaman dan masuk ke organisme melalui pernafasan, pencernaan, dan kontak dengan kulit. Tingkat toksisitas logam berat pada hewan air maupun manusia yang memiliki efek racun paling tinggi yaitu merkuri (Hg). Merkuri (Hg) menyebabkan pengaruh toksik karena terjadinya proses presipitasi protein yang menghambat aktivitas enzim dan bertindak sebagai bahan yang korosif [2)]. Pencemaran Hg dapat disebabkan kegiatan pengolahan emas yang menggunakan merkuri (Hg) untuk mengikat emas atau teknik amalgamasi.

Pengolahan emas dengan teknik amalgamasi masih terdapat di Desa X, Kecamatan Y, Kabupaten Z, Jawa timur. Kegiatan tersebut menghasilkan limbah cair yang mengandung merkuri. Limbah tersebut dibuang dalam sebuah kubangan besar yang menyerupai kolam (bak ekualisasi) bersifat permanen, namun memungkinkan terjadinya peluapan apabila terkena air hujan sehingga dapat menyebabkan tanah tercemar Hg.

Oleh karena itu, diperlukan suatu pengolahan limbah. Pengolahan limbah dapat dilakukan dengan metode fitoremediasi. Hal ini dikarenakan metode fitoremediasi mudah dilakukan dan tidak membutuhkan banyak biaya.

Kayu apu (*Pistia stratiotes)* merupakan tanaman terapung yang berdistribusi secara luas di Indonesia [3)]. *P. Stratiotes* mempunyai keunggulan seperti

Deleted: *ISTIA STRATIOTES*

Comment [j1]: Aturan penulisan spesies, SEBAGAI, Hg

Deleted: HG

Deleted: *gr/ 6 L*

Deleted: *gr/ 6 L*

Deleted: *r*

Deleted: ,

Deleted: ,

Deleted: *r*

Deleted: r

Deleted: r

Deleted: r

Deleted: r

Deleted: -

Deleted: .

Deleted: -

Deleted: -

Deleted: -

Deleted: -

Deleted: -

tingkat pertumbuhan yang cepat, tingkat absorbsi atau penyerapan unsur hara dan air yang besar, mudah ditemukan dan memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim [4].

Penelitian yang telah dilakukan oleh Mamonto [5], menjelaskan bahwa *P. Stratiotes* sebanyak 300 gram/ 2 liter mampu meremediasi 64% sianida dari konsentrasi awal sebesar 5 mg/L selama 10 hari. Menurut Ugya [6], tanaman *P. stratiotes* merupakan agen yang efektif untuk mengurangi dan menghilangkan berbagai logam berat seperti Hg, Cd, Mn, Ag, Pb, Zn di Sungai Romi, Nigeria. Maka dari itu kayu apu dipergunakan sebagai tanaman fitoremediasi dalam menyerap logam berat Hg.

Penelitian ini menggunakan *P. Stratiotes* yang diaklimatisasi selama 7 hari kemudian digunakan sebagai tanaman fitoremediasi logam berat Hg pada limbah cair penambangan emas tanpa ijin. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perbedaan kadar Hg tanpa *P. Stratiotes dan* dengan penambahan *P. Stratiotes* seberat 300 g/6L, 400 g/6L dan 500 g/6L dengan waktu kontak 10 hari.

METODA

Penelitian ini adalah *true experiment* dengan bentuk *posttest-only control group design* [7]. Penelitian ini dilakukan Bulan Juni-Desember, 2017. Tempat pengambilan limbah cair Hg di lakukan di Desa X, Kecamatan Y, Kabupaten Z, Jawa Timur, sementara tempat pengontakan limbah cair dengan *P. Stratiotes* di Laboratorium Terpadu Fakultas Ke-sehatan Masyarakat, Universitas Jember dan tempat pemeriksaan kadar merkuri (Hg) di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya.

Penelitian ini dibagi menjadi empat kelompok yaitu satu kelompok kontrol (K), dan tiga kelompok perlakuan (X_1, X_2 dan X_3). Kelompok kontrol (K) adalah limbah cair yang tidak diberi kayu apu, kelompok perlakuan pertama (X_1) adalah limbah cair yang diberi penambahan kayu apu seberat 300 gr/6L, kelompok perlakuan kedua (X_2) adalah limbah cair yang diberi penambahan kayu apu seberat 400 gr/6L (X_2), dan kelompok perlakuan ketiga (X_3) adalah limbah cair yang diberi penambahan kayu apu seberat 500 gr/6L (X_3). Kayu apu yang digunakan memiliki diameter daun rata-rata 4-5 cm dan sudah diaklimatisasi selama 7 hari menggunakan air bersih. Total jumlah limbah cair yang digunakan sebagai sampel yaitu sebanyak 144 liter. Teknik pengambilan limbah cair pada bak penampung limbah cair dilakukan secara random.

Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi: jirigen ukuran 25 liter 6 buah, timbangan analitik, bak ukuran diameter ±55 cm sebanyak 24 bak, botol ukuran 500ml sebanyak 24 buah, pipet ukur 5 ml, termometer air, gelas beaker, pH meter, Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), corong plastik, gayung plastik. Adapun bahan yang digunakan yaitu *P. Stratiotes* yang memiliki diameter daun rata-rata 4-5 cm, limbah cair penambangan emas tanpa ijin yang mengandung logam Hg, air bersih dan asam nitrat pekat (HNO_3) yang digunakan untuk pengawetan sampel limbah cair yang akan diuji laboratorium.

Data dianalisis dengan menggunakan *one way anova* setelah diuji *kolmogorov-smirnov*, dapat diketahui bahwa data memenuhi asumsi berdistribusi normal. Untuk mengetahui perbedaan rata-rata penu-runan kadar Hg pada setiap kelompok perlakuan, digunakan uji *post hoc*.

HASIL PENELITIAN

Perbedaan Kadar Hg Antara Kelompok Kontrol (K) dengan Kelompok Perlakuan (X_1, X_2 dan X_3)

Penellitian dengan waktu kontak selama 10 hari ini dilakukan pengukuran suhu dan pH sebanyak tiga kali yaitu pada pukul 07.00, 12.00 dan 17.00. Berdasarkan Tabel 1 diketahui hasil pengukuran suhu limbah cair sebelum perlakuan yaitu 24^0C sedangkan setelah perlakuan pemberian kayu apu dengan waktu kontak 10 hari yaitu 25^0C pada setiap kelompok perlakuan. Hasil pengukuran pH limbah cair sebelum perlakuan yaitu 4,1 sedangkan setelah mengalami perlakuan pemberian kayu apu dengan waktu kontak 10 hari, pH limbah cair mengalami peningkatan pada masing-masing kelompok perlakuan. Rerata pH kelompok kontrol yaitu 4,3, kelompok X_1 sebesar 5,3, kelompok X_2 sebesar 5,6 dan kelompok X_3 sebesar 5,9.

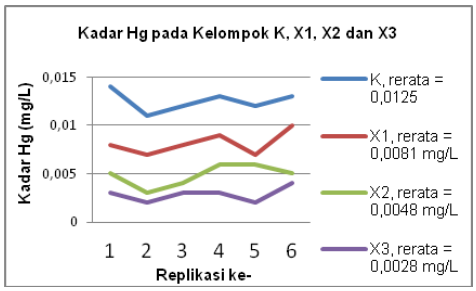
Deleted: -
Deleted: -
Deleted: -
Deleted: -
Deleted: -
Deleted: -
Deleted: ph
Deleted: -
Deleted: -
Deleted: -
Deleted: r
Deleted: r
Deleted: r

Tabel 1.
Rerata Suhu dan pH

	K	X_1	X_2	X_3
Rerata suhu setelah perlakuan 10 hari (ºC)	25	25	25	25
Rerata pH setelah perlakuan 10 hari	4,3	5,3	5,6	5,9

Berdasarkan hasil uji laboratorium, rerata kadar Hg pada kelompok tanpa penambahan kayu apu yaitu sebesar 0,0125 mg/l. Rerata kadar Hg pada kelompok perlakuan yang diberi penambahan kayu apu seberat 300 gr/6L, 400 gr/6L dan 500 gr/6L berturut-turut yaitu sebesar 0,0081 mg/l, 0,0048 mg/l, dan 0,0028 mg/l. Adapun data hasil uji laboratorium tersebut, lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik 1.

Grafik 1.
Kadar Hg Kelompok K, X1, X2 dan X3



Berdasarkan Grafik 1 dapat diketahui bahwa *P. Stratiotes* mampu membantu menurunkan kadar Hg pada air limbah. Hal ini terbukti dengan turunnya kadar Hg kelompok perlakuan yang diberi penambahan kayu apu dibandingkan dengan kadar Hg pada kelompok kontrol. Penurunan kadar Hg pada setiap kelompok perlakuan berbeda-beda sesuai variasi berat *P. Stratiotes* yang diberikan.

Penurunan kadar Hg tertinggi terjadi pada kelompok X_3 dengan presentase penurunan sebesar 77,6%, sedangkan penurunan kadar Hg terendah terjadi pada kelompok X_1 dengan presentase penurunan sebesar 35,2%. Adapun data presentase penurunan kadar Hg lebih lengkap, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.
Persentase penurunan kadar Hg

Deleted: Presentase

Kelompok perlakuan	Persentase penurunan kadar Hg (%)
K	-
X_1	35,2
X_2	61,6
X_3	77.6

Analisis data dengan menggunakan *one way anova* menghasilkan nilai p lebih kecil dari 0,05; sehingga secara statistik dapat diartikan bahwa terdapat perbedaan penurunan kadar Hg pada kelompok K, X_1, X_2, dan X_3. Selanjutnya, hasil uji *post hoc* sebagaimana yang ditunjukkan oleh Tabel 3 dapat memperkuat hal tersebut, bahwa penurunan kadar Hg pada kelompok K secara signifikan berbeda dengan kelompok X_1, kelompok X_2, dan kelompok X_3. Kelompok X_1 secara signifikan berbeda dengan kelompok K, kelompok X_2, dan kelompok X_3. Kelompok X_2 secara signifikan berbeda dengan kelompok K, kelompok X_1 dan kelompok X_3. Kelompok X_3 secara signifikan berbeda dengan kelompok K, kelompok X_1 dan kelompok X_2.

Tabel 3.
Hasil uji post hoc

Kelompok perlakuan	K	X_1	X_2	X_3
K	-	0,000*	0.000*	0.000*
X_1	-	-	0,000*	0.000*
x_2	-	-	-	0,017*
x_3	-	-	-	-

Keterangan: (*) menunjukkan signifikansi pada $p \leq \alpha$

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran suhu limbah cair menggunakan alat termometer dan pengukuran pH menggunakan alat pH meter, diketahui bahwa suhu dan pH limbah cair sebelum perlakuan memiliki suhu 24ºc dan pH 4,1 pada seluruh 24 bak perlakuan, sehingga faktor suhu dan pH pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan sama. Kayu apu memberi kontribusi dalam menaikkan pH disebabkan oleh adanya aktivitas fotosintesis oleh

tanaman uji. Proses fotosintesis merubah CO_2 menjadi $C_6H_{12}O_6$ yang memerlukan hidrogen dan energi. Hidrogen didapatkan dari H^+ yang didapatkan dari air limbah dan udara, sehingga pengambilan H^+ akan menaikkan pH [8].

Berdasarkan hasil pengukuran kadar Hg menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) diketahui bahwa kadar Hg kelompok perlakuan dengan pemberian kayu apu, yaitu kelompok perlakuan pertama 300 gr/6L (X_1), kelompok perlakuan kedua 400 gr/6L (X_2), dan kelompok perlakuan ketiga 500 gr/6L (X_3) berturut turut adalah 0,0081 mg/l; 0,0048 mg/l; dan 0,0028 mg/l. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa *P. Stratiotes* seberat 400 gr/6L (X_2), dan 500 gr/6L (X_3) mampu menurunkan kadar Hg hingga memenuhi Baku Mutu Lingkungan (BML) yang telah ditetapkan oleh Keputu-san Menteri Lingkungan Hidup No. 202 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Lim-bah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Pertambangan Bijih Emas Dan Atau Tembaga yaitu 0,005 mg/L.

Perbedaan penurunan kadar Hg yang terjadi antar kelompok mengindikasikan bahwa kayu apu dapat menurunkan kadar Hg pada air. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa semakin banyak pemberian kayu apu pada air limbah, menyebabkan kadar Hg semakin menurun. Kelompok perlakuan yang paling efektif dalam menurunkan kadar Hg limbah cair adalah kelompok X_3 dengan presentase penurunan sebesar 77,6%.

Semakin lama waktu kontak dan semakin banyaknya tanaman, maka semakin besar pula konsentrasi yang diserapnya [9]. Semakin lama waktu kontak kayu apu dengan limbah cair, maka semakin menurun kadar logam berat pada limbah cair [10]. Dengan waktu kontak 10 hari *P. Stratiotes* dapat menurunkan kadar Hg pada air limbah. Waktu kontak memberikan pengaruh yang nyata terhadap penyerapan. Semakin lama waktu kontak tumbuhan dengan limbah, akumulasi logam berat dalam tubuh tumbuhan semakin tinggi [11].

Kayu apu akan menyerap secara langsung logam berat melalui bagian akar di suatu perairan [12]. Terdapat tiga proses penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan antara lain yaitu penyerapan logam berat oleh akar, translokasi logam berat dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam berat pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar logam berat tidak menghambat metabolisme tumbuhan. Kayu apu menyerap logam berat yang larut dalam air dengan akar-akarnya. Akar tanaman kayu apu mengandung fitokelatin atau senyawa pengkhelat logam. Selanjutnya logam Hg yang larut dalam limbah cair menembus selaput sel yang ada di sel akar dan disimpan dalam vakuola, kemudian logam Hg bergerak melintasi selaput sel menuju daun [12].

Mekanisme kerja fitoremediasi terdiri dari beberapa konsep dasar yaitu: fitoekstraksi, rhizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, dan fitovolatilisasi. Fitoekstraksi merupakan penyerapan logam berat oleh akar tanaman dan mengakumulasi logam berat tersebut ke bagian-bagian tanaman (akar, batang dan daun), tanaman seperti itu disebut tanaman hiperakumulator. Setelah polutan terakumulasi, tanaman bisa dipanen dan tanaman tersebut tidak boleh dikonsumsi tetapi harus dimusnahkan dengan insinerator kemudian di *landfiling.* Rhizofiltrasi merupakan pemanfaatan kemampuan akar tanaman untuk menyerap, mengendapkan, mengakumulasi logam berat dari aliran limbah. Fitodegradasi adalah proses penyerapan polutan oleh tanaman dan kemudian polutan tersebut mengalami metabolisme didalam tanaman yang melibatkan enzim antara lain nitrodictase, dehalogenase dan nitrilase. Fitostabilisasi merupakan proses yang dilakukan oleh tanaman untuk mentransformasi polutan didalam tanah menjadi senyawa yang non toksik tanpa menyerap terlebih dahulu polutan tersebut kedalam tubuh tanaman. Hasil transformasi dari polutan tersebut tetap berada didalam tanah. Fitovolatilisasi terjadi ketika tanaman menyerap polutan atau logam berat dan melepaskannya ke udara lewat daun dan ada kalanya logam berat mengalami degradasi terlebih dahulu sebelum dilepas lewat daun. Polutan yang dilepaskan oleh tanaman ke udara bisa sama seperti bentuk senyawa awal polutan, bisa juga menjadi senyawa yang berbeda dari senyawa awal [13].

Deleted: g

Deleted: ph

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Mardikaningtyas [14)] menunjukkan bahwa akumulasi logam berat lebih banyak terdapat pada akar daripada di daun, perbedaan akumulasi ini dapat mengindikasikan bahwa organ akar tanaman *P.stratiotes* lebih efektif dalam menyerap logam berat dan menunjukkan bahwa tanaman ini melakukan Rhizofiltration yakni penyerapan, pengkonsentrasian dan pengendapan kontaminan dari sumber air tercemar di akar tanaman.

Akumulasi yang lebih besar terdapat diakar dikarenakan organ yang mendominasi tanaman *P.stratiotes* adalah akar dan organ akar adalah organ yang pertama kali berinteraksi dengan medium, tetapi tidak menutup kemungkinan logam berat tersebut ditransportasikan ke organ lainnya seperti daun [14)].

Pengamatan perubahan fisik dilakukan peneliti untuk mengetahui kondisi kesehatan tumbuhan. Perubahan fisik merupakan respon tumbuhan terhadap logam berat yang menunjukkan kemampuan adaptasi tumbuhan menghadapi kontak langsung logam berat. Perubahan fisik tumbuhan pada 5 hari pertama tidak banyak terjadi, hanya terlihat perubahan warna pada beberapa ujung daun. Perubahan yang cukup signifikan terjadi pada hari ke 8 hingga hari ke 10. Perubahan morfologi dari tanaman fitoremediator disebabkan karena tanaman tersebut telah aktif menyerap logam berat yang ada di lingkungan dan berusaha untuk beradaptasi agar tetap hidup [14)].

Kayu apu mengalami perubahan yang ditandai dengan kondisi daun yang mulai berwarna kekuningan dan akhirnya sebagian mati. Akar tanaman kayu apu juga mengalami kerontokan. Morfologi akar tanaman kayu apu yang ditumbuhkan pada medium limbah, mempunyai tekstur akar yang lunak dan rambut akar sebagian besar terputus, dikarenakan bagian organ tanaman yang langsung berinteraksi dengan limbah adalah bagian akar, penyerapan logam berat oleh tanaman dilakukan pertama kali oleh akar [14)]. Kontak langsung tumbuhan dengan logam berat akan mengakibatkan kerusakan dan perubahan warna pada daun yang mengindikasikan penurunan tingkat klorofil pada tumbuhan [15)].

KESIMPULAN

Rerata kadar Hg pada kelompok kontrol, X_1, X_2 dan X_3 berturut-turut adalah 0,0125 mg/l; 0,0081 mg/l; 0,0048 mg/l; 0,0028 mg/l. Penurunan kadar Hg pada kelompok perlakuan pemberian kayu apu seberat 300 gr/6L (X_1), 400 gr/6L (X_2), dan 500 gr/6L (X_3) berturut-turut yaitu 35,2%, 61,6% dan 77,6%. Kadar Hg pada kelompok X_2 dan X_3 sudah memenuhi BML yaitu < 0,005 mg/L. Terdapat perbedaan penurunan kadar Hg yang signifikan antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan ($P < 0,05$).

SARAN

Perlu penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variasi waktu kontak, sehingga dapat diketahui tingkat penyerapan pada masing-masing waktu, serta dapat diaplikasikan pada industri yang dalam kegiatannya menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat Hg.

DAFTAR PUSTAKA

1. Moelyaningrum, A.D., Pujiati, R.S. 2015. Cadmium (Cd) and Mercury (Hg) in the Soil, Leachate and Ground Water at the final Waste Disposal Pakusari Jember Distric Area. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR),* 24 (2):101-108.
2. Widowati, W., Sastiono, A., Jusuf, R. 2008. *Efek Toksik Logam.* Yogyakarta: CV Andi Offset.
3. Soerjani, M., Kostermans, AJHG., Tjitrosoepomo, G. 1986. *Weeds of Rice In Indonesia*. Jakarta (Indonesia): Balai Pustaka. 716 p.
4. Fachrurozi, M., Utami, L.B., Suryani, D. 2010. Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia stratiotes L.* Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, Dan TSS Limbah Cair Tahu Di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat,* 4 (1): 1-16.
5. Mamonto, H. 2013. Uji Potensi Kayu apu (*Pistia stratiotes L)* Dalam Penurunan Kadar Sianida (CN) Pada Limbah Cair Penambangan Emas. *Skripsi.* Fakultas Ilmu Kesehatan dan Keolahragaan. Universitas Negeri Gorontalo.

Comment [j2]: Apakah tidak ada referensi yang lebih baru?

6. Ugya, A. Y., Imam, T. S., Tahir, S. M. 2015. The Use Of *P. Stratiotes* To Remove Some Heavy Metals From Romi Stream: A Case Study Of Kaduna Refinery And Petrochemical Company Polluted Stream. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 9 (1): 48-51.
7. Sugiyono, 2015. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
8. Gregory, P. 2006. *Plant Roots, Growth, Activity adn Interaction with Soils.* Australia: Black Well Publishing.
9. Rahmatullah, L. 2008. Penggunaan Tanaman Kiapu (*Pistia stratiotes*) Sebagai Pengolahan Pendahuluan Untuk Air Permukaan Dengan Parameter Warna dan TDS. *Skripsi.* Fakultas Teknik Sipil dan Perencaan. Universitas Islam Indonesia.
10. Joko, T., Dangiran, H.L., Dewanti, N.A.Y. 2015. The Effectiveness of Plant *Pistia stratiotes* Weight to Reduction of Heavy Metal Content Chromium (Cr) Waste at Batik Home Industry in Regency of Pekalongan. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 24 (2):45-54.
11. Paramitasari, A. 2014. Kemampuan Tumbuhan Air Kiapu *Pistia Stratiotes* dan Kiambang *Salvinia Molesta* dalam Fitoremediasi Timbal. *Skripsi.* Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
12. Priyanto, B. Dan Prayitno, J. 2008. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khusus Logam Berat. *Jurnal Informasi Fitoremediasi.*
13. Tsao, D.T. 2003. Phytoremediation. Advance in Biochemical Engineering Biotechnology. Berlin Heidelberg: Springer.
14. Mardikaningtyas, D. A., Ibrohim, Suarsini. 2016. Efektifitas Tanaman *Pistia stratiotes* dalam Menyerap Logam Berat Kadmium (Cd) yang Terkandung dalam Limbah Cair Pengolahan Tepung Agar Ditinjau dari Akumulasi Logam di Organ Akar dan Daun. *Prosiding Seminar Nasional II.* Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
15. Tangahu, B. V., Abdullah, S. R. S., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., Mukhlisin, M. 2011. A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering.*