



**STUDI ADSORPSI LOGAM Pb PADA TANAH TERCEMAR ABU TERBANG (*Fly Ash*)
DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN KANGKUNG DARAT (*Ipomoea reptans* Poir)**

**The Study of Pb Metal Adsorption on Contaminated Soil (*Fly Ash*) Using Land Water
Spinach Plants (*Ipomoea reptans* Poir)**

Yul uca Sali Putri^{1*}, Khairuddin¹, Husain Sosidi¹, Dwi Juli Puspitasari¹

¹⁾ Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tadulako, Palu
Jl. Soekarno Hatta Km.9, Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 0451- 422611

^{*}Corresponding author: yulucasali@gmail.com (082290091796)

Diterima 2 Mei 2019, Disetujui 20 Juni 2019

ABSTRACT

Pb metal adsorption studies on land water spinach (*Ipomoea reptans* Poir) have been carried out. The method of analysis was carried out using a completely randomized design with two independent variables, i.e amount of Pb metal concentration adsorb on the roots of land spinach and the lifetime of the land spinach roots. The results show that the amount of Pb metal adsorb on the land spinach roots with variations in the age of 2-5 consecutive weeks was 0,023 µg/g; 0,03 µg/g; 0,084 µg/g; 0,099 µg/g, respectively. The results of both statistical tests, F test and LSD test, show that there was a significant difference in the concentration of Pb in each age of harvest, which in the fifth week showed the highest Pb level. BCF test results show that Pb metal adsorption takes place with a phytoextraction mechanism.

Keywords: Absorption, Lead Metal, Land Water Spinach, Pb Levels, Length Of Planting Time

ABSTRAK

Telah dilakukan studi absorpsi logam Pb pada tanah tercemar abu terbang (*fly ash*) dengan menggunakan tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir). Metode analisis dilakukan dengan rancangan acak lengkap (RAL) untuk mengetahui berapa kadar logam Pb yang terabsorpsi dari tanah tercemar abu terbang pada akar tanaman kangkung darat dan mengetahui berapa lama waktu tanam untuk mendapatkan logam Pb yang optimum dalam akar tanaman kangkung darat. Hasil penelitian menunjukkan kadar logam Pb dengan variasi umur panen 2-5 minggu berturut-turut adalah 0,023 µg/g; 0,03 µg/g; 0,084 µg/g; 0,099 µg/g. Hasil uji statistik baik Uji F maupun Uji BNT menunjukkan adanya perbedaan yang nyata konsentrasi logam Pb pada masing-masing umur panen dimana pada minggu kelima menunjukkan kadar Pb yang tertinggi. Hasil uji BCF menunjukkan bahwa adsorpsi logam Pb berlangsung dengan mekanisme fitoekstraksi.

Kata Kunci: Absorpsi, Logam Timbal, Tanaman Kangkung Darat, Kadar Logam Timbal, Lama Waktu Tanam

LATAR BELAKANG

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Mpanau yang berlokasi di Kelurahan Taweli Kecamatan Palu Utara Kota Palu, setiap harinya menghasilkan limbah berupa abu terbang (*fly ash*). Berdasarkan data observasi lapangan pada PLTU Mpanau, jumlah produksi abu sebagai hasil pembakaran batubara, mencapai 10 – 15 ton perhari. Abu tersebut belum di manfaatkan dengan tepat dan hanya menjadi limbah di sekitar pemukiman warga. Merupakan hal yang sangat positif jika bahan ini dapat dimanfaatkan untuk mengurangi limbah disekitar lokasi PLTU yang dapat mencemari lingkungan (Arifin, 2009).

Berdasarkan PP No. 101 tahun 2014 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), *fly ash* dan *bottom ash* dikategorikan sebagai limbah B3 karena terdapat kandungan oksida logam berat yang akan mengalami pelindian secara alami dan mencemari lingkungan. Limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan kegiatan yang mengandung bahan berbahaya beracun yang karena sifat dan atau konsentrasinya dan jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan atau merusakkan lingkungan hidup, dan dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain (Dwivedi *et al.*, 2007)

Fly ash dan *bottom ash* merupakan limbah padat yang dihasilkan dari

pembakaran batubara. Pembakaran batubara mempunyai tiga tipe pembangkit listrik tenaga uap. Tipe pertama *dry bottom boilers* yaitu apabila batubara dibakar maka lebih kurang 80% dari abu meninggalkan pembakaran sebagai abu terbang dan masuk dalam corong gas. Tipe kedua *wet-bottom boiler* yaitu apabila batubara dibakar sebanyak 50% dari abu tertinggal dipembakaran dan 50% lainnya masuk dalam corong gas. Tipe yang ketiga *cyclone furnace* yaitu dimana potongan batubara digunakan sebagai bahan bakar, 70-80% dari abu terbang tertahan dari sebagai *boiler slag* hanya 20-30% meninggalkan pembakaran sebagai *dry ash* pada corong. Dari ketiga tipe ini *dry bottom* yang paling umum digunakan untuk pembakaran batubara. Pada masa lampau, abu terbang diperoleh dari produksi pembakaran batubara secara sederhana, dengan corong gas dan menyebar ke atmosfer. Menurut Acosta (2009), Hal ini dapat menimbulkan masalah lingkungan dan kesehatan, karena abu terbang hasil pembakaran batubara dibuang sebagai sampah. Abu terbang (*Fly ash*) dan abu bawah (*bottom ash*) ini terdapat dalam jumlah yang cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara atau perairan, dan penurunan kualitas ekosistem.

Abu terbang mengandung beberapa logam berat toksik seperti Cr, Pb, Hg, As, dan Cu yang dapat mencemari lingkungan.

Kandungan logam berat pada abu terbang dan potensi terhadap pencemaran lingkungan, maka fitoremediasi merupakan suatu metode yang dapat di gunakan untuk mengekstra logam berat dalam abu terbang (Barcelo dan Poscchenrieder, 2003). Metode ini menggunakan tanaman, karena tanaman dapat menyerap logam berat dari area yang terkontaminasi dengan cara mengakumulasi dari dalam tanah atau sedimen yang pada bagian akar (fitostabilisasi) (kidd *et al.*, 2009). Menurut Yangun *et al.* (2005), pengujian terhadap kemampuan tanaman untuk melakukan fitoremediasi akan lebih baik dilakukan pada tanaman atau tumbuhan alami. Tanaman yang tumbuh alami pada daerah terkontaminasi memiliki respon yang lebih baik pada kondisi stres dibandingkan dengan tanaman yang didatangkan dari tempat lain, baik daya hidup, pertumbuhan dan perkembangbiakannya.

Fitoremediasi merupakan teknik pemulihan lahan tercemar dengan menggunakan tumbuhan sehingga akar menjadi konduktif untuk proses mikrobiologis zat pencemar. Selain itu metode ini tidak merusak sifat tanah, bahkan dapat meningkatkan atau mempertahankan struktur dan kesuburan tanah. Penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan atau mengmobilisasi logam-logam dalam lingkungan tanah tercemar telah digunakan beberapa puluh tahun yang lampau, baik dalam skala laboratorium maupun penerapan lapangan.

Namun kebanyakan tumbuhan yang digunakan adalah tumbuhan subtropik (Hardiyanti, dkk, 2007).

Menurut Agustanti *et al.* (2005), kandungan timbal (Pb) dalam tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir) yang tumbuh pada media terkontaminasi Pb selama 6 minggu panen sebesar 2,09 mg/gram dan jauh lebih tinggi dibanding dengan tanaman yang dipanen pada umur 3 minggu yaitu 1,13 mg/gram (seluruh bagian tanaman tanpa akar). Akumulasi Pb yang terbesar terjadi pada akar tanaman kangkung yaitu umur 3 minggu sebesar 1,86 mg/gram dan umur 6 minggu sebesar 3,36 mg/gram.

Penelitian Mayangsari (2008) menambahkan bahwa tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir) merupakan tanaman hiperakumulator bagi ion logam Cr(VI) karena mampu mengakumulasikan logam Cr melalui mekanisme fitostabilisasi dan distribusi ion logam Cr(VI).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Bahan dasar yang digunakan yaitu: Bibit tanaman kangkung (*Ipomoea reptans* Poir), abu terbang (*fly ash*) di ambil di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Mpanau yang berlokasi di Taweli kecamatan Palu Utara Kota Palu, natrium hidroksida, asam nitrat 65%, aluminium foil dan akuades.

Peralatan yang di gunakan yaitu: Pot, ayakan 60 mesh, timbangan, neraca analitik, Sendok zat, baskom, oven,

lemari asam, hotplate, kertas saring whatman no 42, Spektrofotometri Serapan Atom, desikator, batang pengaduk, cawan porselen, gegep dan tanur.

Rancangan Penelitian (Hanafiah, 2010)

Penelitian ini dilakukan dengan rancangan acak lengkap (RAL) untuk mengetahui kadar Pb. Kadar Pb pada akar tanaman kangkung berdasarkan umur panen. Masing-masing perlakuan 3 kali pengulangan (replikasi) sehingga jumlah unit perlakuan untuk variasi umur tanam adalah $3 \times 4 = 12$ unit. Faktor ini disimbolkan (P) yang terdiri dari 4 umur waktu panen, P_1 (umur 2 minggu), P_2 (umur 3 minggu), P_3 (umur 4 minggu) dan P_4 (umur 5 minggu).

Prosedur Kerja

Penelitian ini dilakukan dengan tiga tahap yaitu Pengambilan Sampel, Penyiapan Media Tanam, dan Destruksi.

Penyiapan media tanam, penanaman, pemanenan dan pengeringan tanaman kangkung darat (Mayangsari, 2008)

1. Pembuatan media tanam

Disiapkan pot sebanyak 12 buah, dan diisi dengan tanah subur (TS) dan abu terbang (AT) dengan perbandingan 60% TS : 40% AT. Tanah campuran kombinasi tanah subur dengan fly ash kemudian dicampur dengan di aduk merata sampai didapatkan kondisi yang homogen, dan didiamkan selama 1 minggu. Selanjutnya di siram dengan air secukupnya. Sebelum pencampuran, tanah subur diukur kadar/analisis logam timbal.

2. Penanaman dan pemeliharaan tanaman kangkung darat

Bibit tanaman kangkung darat direndam terlebih dahulu dengan air selama 4 jam. Kemudian dipilih berdasarkan bentuk dan ukuran bijinya. Penanaman dilakukan dengan cara bibit tanaman *Ipomoea sp* ditanamkan pada masing-masing pot perlakuan sebanyak tiga biji. Selanjutnya dilakukan penyiraman setiap hari sekali pada malam hari.

3. Pemanenan

Tanaman dipanen setiap minggu sekali sampai tanaman berumur lima minggu tanam (untuk pengaruh umur panen).

4. Pengeringan

Setelah dipanen, akar dipisahkan, diangin-anginkan, ditimbang, dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 60°C . Kemudian didinginkan dalam desikator sebelum ditimbang kembali.

Dekstruksi, pembuatan deret larutan standar, pengukuran dengan spektrofotometri serapan atom (SSA)

1. Dekstruksi

Sampel (akar tanaman kangkung darat) terlebih dahulu di destruksi dengan cara akar yang telah kering ditimbang dan ditambahkan 3 mL asam nitrat 65% dan dipanaskan diatas *hotplate* pada temperatur 95°C . Proses ini berlangsung dalam lemari asam sampai larutan menjadi agak kering dan setelah

dingin, larutan sampel ditambahkan akuades secukupnya. Disaring dengan kertas saring Whatman dan filtratnya diimpitkan dengan akuades dalam labu 100 mL (Darmono, 1995).

2. Pembuatan deret larutan standar

Sebanyak 5 ml larutan baku (Pb ppm) dimasukkan dalam labu ukur 50 mL dan diimpitkan dengan akuades. Dari larutan baku Pb di buat sejumlah deret larutan standar 0,1 ; 0,25 ; 0,5 ; 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 mg/L.

3. Pengukuran dengan spektrofotometri serapan atom (SSA)

Penentuan logam Pb dalam sampel dilakukan dengan SSA secara kurva kalibrasi dengan mengukur absorban dari larutan standar dan larutan sampel hasil destruksi. Kadar Pb dalam sampel ditentukan menggunakan kurva kalibrasi deret larutan standar yang telah dibuat sebelumnya (Darmono, 1995).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Tanah Subur

Tanah subur berperan sebagai media pertumbuhan dan sekaligus sebagai tempat berlangsungnya siklus transportasi logam berat oleh karena itu di perlukan analisis sifat-sifat tanah. Akumulasi Pb dalam unsur tanah ke jaringan tanah tidak hanya tergantung pada kadar dalam tanah, tetapi juga tergantung pada unsur kimia tanah, jenis unsur dan spesies tanah subur (Darmono, 1995). Untuk itu perlu dilakukan penentuan sifat fisik dan kimia tanah sebelum digunakan sebagai media tanah.

Tabel 1 Hasil Analisis Tanah Subur.

No	Parameter	Nilai	Satuan	Kriteria
1	pH H ₂ O (1 : 2.5)	7,40	-	Netral
2	pH KCl (1 : 2.5)	6,25	-	
3	Pasir	37,5	%	Lempung
4	Debu	58,1	%	berdebu
5	Liat	4,4	%	
6	C-Organik	1,111	%	Rendah
7	N-Total	0,28	%	Sedang
8	KTK	14,34	cmol(+)kg ⁻¹	Rendah
9	Al-dd	0,32	cmol(+)kg ⁻¹	-
10	H-dd	0,94	cmol(+)kg ⁻¹	-
11	P ₂ O ₅ (HCl 25%)	25,50	mg/1000gr	Sedang
12	P ₂ O ₅ (Olsen)	14,36	Ppm	Sedang
13	K ₂ O (HCl 25%)	24,91	mg/1000gr	Sedang
14	Calsium (Ca)	8,94	cmol(+)kg ⁻¹	Sedang
15	Kalium (K)	0,47	cmol(+)kg ⁻¹	Sedang
16	Natrium (Na)	0,35	cmol(+)kg ⁻¹	Sedang

Sumber: Laboratorium Analisis Sumber Daya Alam dan Lingkungan Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, 2018.

Sifat kimia tanah yang dikaji adalah: tingkat kemasaman tanah tanah (pH), cadangan unsur hara (C-organik) N, P dan K basa-basa dapat ditukar (Ca, Mg, Na, dan K), kejenuhan basa, dan kapasitas tukar kation (KTK).

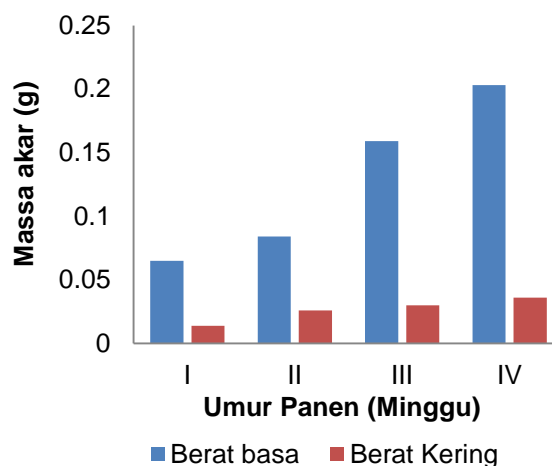
Tekstur tanah sangat penting untuk penentuan karakteristik tanah, air yang tersimpan, ukuran pori-pori dan perkembangan akar tanaman akan mempengaruhi kecepatan perairan air, aerasi dan kesuburan tanah (Hayati, 2010). Tingkat kemasaman tanah subur yang digunakan dalam penelitian ini tergolong netral (pH 7,40) sementara pH 5,5 – 8 adalah kondisi yang diharapkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman kangkung darat (Echo, 2006). Kation-kation yang dapat dipertukarkan tergolong rendah (KTK 14,34). Nilai kapasitas tukar kation menunjukkan kemampuan tanah untuk melakukan

pertukaran terhadap kation-kation tanah. Semakin tinggi KTK tanah maka tanah dikategorikan baik. Kandungan Ca, Mg dan Na tergolong sedang, Dari hasil analisis tersebut di atas, secara umum kesuburan tanah di wilayah studi tergolong sedang. Hasil analisis contoh tanah yang diambil di lokasi studi menunjukkan bahwa kandungan C-organik tanah di areal studi tergolong sedang. Dengan demikian tingkat kesuburan tanah yang digunakan dalam penelitian ini tergolong sedang namun layak digunakan sebagai media tumbuh tanaman kangkung darat.

Pengaruh Lama Waktu Tanam

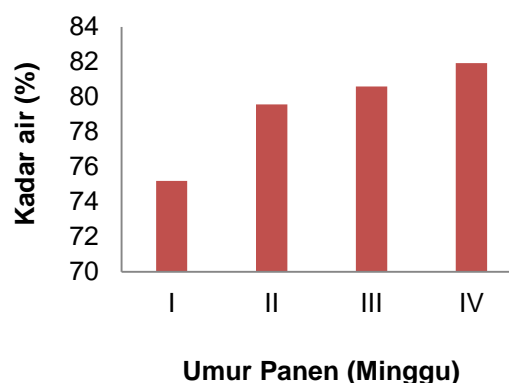
Sebelum abu terbang (*fly ash*) dicampur dengan tanah subur untuk analisis telah dilakukan penetapan kadar logam Pb pada masing-masing abu terbang dan tanah subur. Hasil pengukuran dengan AAS menunjukkan kadar Pb tanah subur sebesar 1,63 $\mu\text{g/g}$ sementara pada abu terbang sebesar 0,62 $\mu\text{g/g}$ hasil ini menunjukkan kandungan logam Pb dalam tanah subur lebih besar dari abu terbang.

Perlakuan penelitian dilakukan dengan perbandingan tanah subur: abu terbang (60% : 40%). Analisis pengaruh lama waktu tanam kangkung darat terhadap absorpsi logam Pb pada bagian akar dilakukan dengan 3 kali pengulangan (triplo) seperti terlihat pada Lampiran 6. Berat basah dan berat kering akar tanaman kangkung darat berdasarkan umur panen ditunjukkan pada Gambar 1.



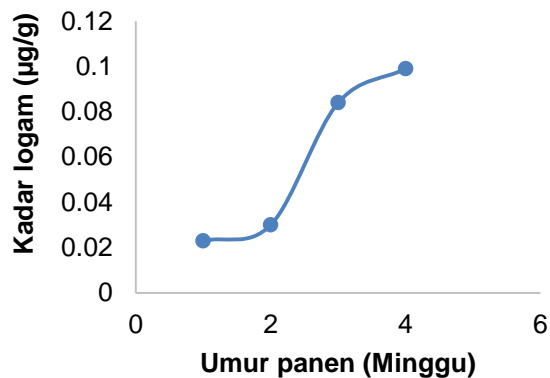
Gambar 1 Berat basah dan berat kering akar kangkung darat

Gambar 1 menunjukkan berat basah dan berat kering akar tanaman bertambah berdasarkan umur panen. Demikian juga dengan kadar air seperti dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Kadar air akar kangkung darat.

Setelah dilakukan pemanenan pada berbagai umur panen selanjutnya akar kangkung darat di analisis kadar logam Pb. Hasil analisis menunjukkan kadar logam Pb terdeteksi dan kadarnya bertambah sesuai dengan umur panen.



Gambar 3 Konsentrasi Pb Dalam Akar Tanaman Kangkung Darat.

Umur panen 2 minggu (P1), 3 minggu (P2), 4 minggu (P3), dan 5 minggu (P4) mengalami kenaikan konsentrasi logam Pb (Gambar 3). Dengan demikian dapat dikatakan akumulasi logam timbal pada akar tanaman kangkung mencapai maksimum pada umur 5 minggu. Konsentrasi rata-rata logam timbal pada akar kangkung darat berdasarkan umur panen dalam setiap berat dalam setiap berat kering, berturut turut adalah P1 sebesar 0,023 µg/g; P2 sebesar 0,03 µg/g; P3 sebesar 0,084 µg/g; dan P4 sebesar 0,099 µg/g.

Proses penyerapan timbal akan terus berlangsung, hingga tanaman kangkung darat akan mengalami keracunan. Menurut Prayitno (2002) bahwa penyerapan logam akar oleh tanaman kangkung dapat terjadi melalui proses translokasi pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme pertumbuhan. Proses ini terjadi dari akar sebagian tanaman lain. Logam atau senyawa asing telah menembus endodermis akar akan mengalir transpirasi ke bagian atas

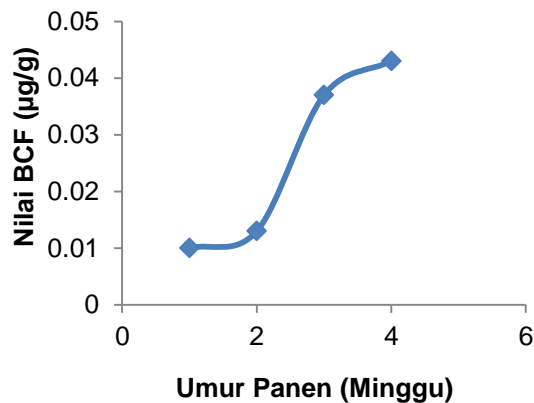
tanaman melalui jaringan pengangkut (xylem dan floem).

Menurut Fitter dan Hay (1991) bahwa salah satu faktor yang menyebabkan penyerapan ion dalam tumbuhan yaitu faktor konsentrasi, dimana kemampuan tanaman dalam mengakumulasi ion logam sampai tingkat tertentu dan bahkan dapat mencapai beberapa tingkat lebih besar dari konsentrasi ion medianya.

Uji statistik dengan Analisis Sidik Ragam (Uji F) menunjukkan bahwa umur panen berpengaruh nyata terhadap serapan logam pada akar kangkung darat, di mana F hitung (6,60356) lebih besar dari F tabel pada taraf 5% (4,06618) tetapi lebih kecil dari nilai F tabel pada taraf 1% (7,59099). Uji statistik lanjutan dengan metode Beda Nyata Terkecil (BNT) menunjukkan data bahwa konsentrasi logam Pb pada setiap umur panen berbeda nyata.

Nilai faktor biokonsentrasi (BCF) terhadap pengaruh umur tanam

Faktor biokonsentrasi (BCF) merupakan rasio perbandingan antara konsentrasi logam berat dalam akar terhadap konsentrasinya dalam tanah, Pada dasarnya faktor BCF merupakan indikator yang dapat membedakan mekanisme akumulasi logam berat antara fitostabilisasi atau fitoekstraksi. Jika nilai $BCF > 1$, disebut mekanisme fitostabilisasi dan sebaliknya, jika nilai $BCF < 1$ maka disebut fitoekstraksi (Liong, 2010).



Gambar 4 Faktor biokonsentrasi berdasarkan umur panen (BCF)

Nilai BCF bertambah pada setiap umur panen namun secara keseluruhan nilainya kecil dari satu (Gambar 4), sehingga dapat dikatakan bahwa akumulasi logam timbal dalam tanaman kangkung darat terjadi melalui mekanisme fitoekstraksi.

Hasil berbeda ditunjukkan pada penelitian Liong (2010), mekanisme akumulasi logam Cd pada tanaman kangkung darat terjadi secara fitostabilisasi. Hal ini disebabkan karena logam berat masuk dalam tanaman secara pasif. Logam hanya mampu masuk ke tanaman melalui pembawa (*carier*) seperti ion nutrient atau dalam bentuk kompleks dengan senyawa-senyawa organik. Akar adalah bagian tanaman dalam tanah yang terinteraksi langsung dengan Cr(IV) melalui rizofe yang akan membentuk kompleks dengan senyawa pengkhalat.

KESIMPULAN

Kadar Pb pada masing-masing umur panen 2-5 minggu berturut-turut adalah 0,023 µg/g; 0,03 µg/g; 0,084 µg/g; 0,099

µg/g. Hasil uji statistik baik Uji F maupun Uji BNT menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada masing-masing umur panen dimana pada minggu ke 5 menunjukkan kadar Pb yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Acosta, Dafi. 2009. *Pemanfaatan Fly Ash (Abu Terbang)* Dari Pembakaran Batubara Pada PLTU Surabaya sebagai bahan baku pembuatan Refrakatori Cor (<http://dafi017.blogspot.com/2009/03/pemanfaatan-fly-ash-abu-terbangdari.html>, diakses tanggal 22 Juli 2018).
- Agustanti, Hardjo, Jonathan dan Kohar. 2005. Studi Kandungan Logam Pb dalam tanaman kangkung umur 3 dan 6 minggu yang ditanam di media yang mengandung Pb. *Makara Sains* 9 (2): 56-59.
- Arifin, 2009. Penggunaan Abu Batu Bara PLTU Mpanau Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung. *SMARTek*, 7(4).
- Barcelo, J., and C. Poschenrieder. 2003. Phytoremediation: principle and perspectives. *Contributions to Science*, 2:333-344.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UII-Press).
- Dwivedi et,al 2007. Growth performance and biochemical responses of three rice (*Oryza sativa L.*) cultivars grown in fly-ash amended soil. *Chemosphere*, 67:140-151.
- Kidd, P.,J.O Barcelo, M.P. Bernal, F, Navari-izzo,C. Poschenrieder, S. Shilev, R. Clemente, and C. Monterroso. 2009. Trace element behaviour at root-soil interface :

Implacation in phytoremediation. Environmental and Experimental Botany. *Environmental and Experimental Botany*, 67(1):243-259.

Liong, S. 2010. Mekanisme Fitoakumulatif Ion Cd(II), Cr(VI) dan Pb(II) pada Kangkung Darat (*Ipomoea reptans Poir*). *Disertasi*. Makassar: Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin.

Yangun, Z.,L. Yuan, C. Jianjun, C. Haiyan, Q. Li, and C.Schvartz. 2005. Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in herbaceous grow on lead-zinc mining area in Yunnan, China. *Environm ent International* 31:755-762.