

PENYERAPAN KADAR TIMBAL (Pb) TANAH TERCEMAR DAN AKUMULASINYA PADA TANAMAN GUMITIR (*Tagetes erecta L.*) DENGAN REMEDIASI

I G. A. K. S. P. Dewi*, N. L. G. A. Sunariani, dan I. E. Suprihatin

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana

Jalan Kampus Unud-Jimbaran, Jimbaran, Bali, Indonesia

**Email: kuntipancadewi@unud.ac.id*

ABSTRAK

Timbal (Pb) merupakan pencemar yang umum dijumpai dalam tanah pertanian dan bahkan sering mengkontaminasi tanaman yang tumbuh pada tanah tersebut. Salah satu cara untuk menurunkan kandungan cemaran logam berat seperti Pb dalam tanah pertanian adalah fitoremediasi. Tujuan penelitian ini adalah menurunkan kandungan cemaran Pb dalam tanah pertanian. Metode yang digunakan adalah remediasi dengan menanam pohon gumitir (*Tagetes erecta L.*) pada tanah pertanian yang diberi perlakuan penambahan berbagai konsentrasi Pb^{2+} . Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum ditanami gumitir, tanah A, B, C yang ditambahkan Pb masing-masing sebanyak 100; 200; dan 400 mg/kg, memiliki konsentrasi berturut-turut sebesar $108,97 \pm 2,25$; $214,18 \pm 5,47$; dan $447,04 \pm 4,89$ mg/kg, sedangkan pada saat panen konsentrasinya berturut-turut sebesar $100,52 \pm 1,66$; $170,04 \pm 2,88$; dan $397,98 \pm 2,24$ mg/kg. Bagian tanaman yang paling tinggi menyerap Pb adalah bagian akar yaitu sebesar $47,01 \pm 4,52$ mg/kg. Efektivitas penyerapan logam Pb dalam tanaman gumitir pada tanah A, B, dan C adalah <50% dengan nilai TF dan BCF < 1, sehingga mekanisme dalam mengakumulasi logam timbal kurang efektif atau disebut fitostabilisasi.

Kata kunci: efektivitas penyerapan, remediasi, *Tagetes erecta L.*, timbal.

ABSTRACT

Lead (Pb) is a common pollutant found in agricultural soils and often contaminates the plants growing on the soil. One way to reduce the content of heavy metal contamination such as Pb in agricultural soil is through phytoremediation. The purpose of this study was to reduce the content of Pb in agricultural soils. The method used was remediation by planting *gumitir (Tagetes erecta L.)* plants on the soil added with various concentrations of Pb^{2+} . The results showed that before planting with *gumitir*, the soil A, B, C added with Pb of 100; 200; and 400 mg Pb/kg soil, respectively, having the concentration of $108,97 \pm 2,25$; $214,18 \pm 5,47$; and $447,04 \pm 4,89$ mg/kg, respectively, while on the harvesting time the concentration of Pb was $100,52 \pm 1,66$; $170,04 \pm 2,88$; and $397,98 \pm 2,24$ mg/kg, respectively. The part of the plant that absorbed the highest Pb was the root, which was $47,01 \pm 4,52$ mg/kg. The effectiveness of Pb absorption by *gumitir* plants in A, B, and C soils were <50% with TF and BCF values < 1, so the mechanism in accumulating lead metal is less effective or called phytostabilization.

Keywords: adsorption, effectiveness, lead, remediation, *Tagetes erecta L.*

PENDAHULUAN

Secara umum logam berat merupakan zat yang sangat persisten, sehingga pada beberapa jenis logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), dan nikel (Ni), dengan konsentrasi relatif kecil sudah dapat membahayakan makhluk hidup (Surtikanti, 2011).

Logam Pb dinyatakan sebagai logam yang bersifat toksik atau pencemar yang buruk karena sekalipun dalam kadar rendah, logam tetap dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui pemanfaatan air tanah dan pemanfaatan tanaman (langsung) maupun rantai makanan (tidak langsung). Sebagaimana pencemaran air

dan tanah pertanian disebabkan oleh faktor alam maupun aktivitas manusia sangat sulit dihindari, sehingga perlu dilakukan degradasi dengan metode pengendalian yang efektif (Amalia, 2020).

Salah satu cara untuk menurunkan kandungan logam berat seperti Pb dalam tanah pertanian adalah remediasi. Remediasi merupakan salah satu metode pengendalian logam berat yang efektif, mudah diaplikasikan dan ramah lingkungan karena menggunakan tanaman dan bagian-bagiannya untuk mengurangi masalah-masalah pencemaran lingkungan (Hardiani *et al.*, 2011).

Tanaman gumitir (*Tagetes erecta L.*) merupakan tanaman yang dibudidayakan para petani khususnya daerah Bali. Tanaman gumitir memiliki keunggulan sebagai tanaman hiperakumulator yang mampu menyerap logam berat berbahaya dalam tanah dan diakumulasi oleh tanaman, salah satu logam berat yang mampu diakumulasi tanaman gumitir adalah logam berat timbal (Pb) (Bosiacki, 2009).

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kemampuan penyerapan logam Pb dalam menurunkan kandungan cemaran Pb dalam tanah pertanian yang mengandung berbagai variasi konsentrasi cemaran Pb oleh tanaman gumitir.

MATERI DAN METODE

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah aquadest, HNO₃, Pb(NO₃)₂, HCl, H₂O₂, kertas saring, tanaman gumitir (*Tagetes erecta L.*) dan tanah pertanian. Alat yang digunakan adalah neraca analitik, sendok polietilen, spatula, peralatan gelas kaca, polybag, plastik klip, mortar, oven, cawan, ayakan 60 mesh, botol semprot, *ultrasonic bath*, filler, aluminium foil, termometer, *hotplate*, botol tampung dan AAS.

Preparasi Sampel Tanah

Diambil 50 g sampel tanah pada masing-masing polybag menggunakan sendok polietilen yang bebas kontaminan, lalu dikeringkan pada oven bersuhu 60°C (Siaka *et al.*, 2014) sampai didapatkan berat konstan. Sampel kemudian digerus hingga halus, lalu diayak dengan ayakan 60 mesh dan disimpan dalam plastik klip kering untuk dianalisis.

Preparasi Sampel Tanaman

Sampel tanaman gumitir yang sudah berumur 70 hari dari benih dipisahkan dari tanah kemudian dicuci bersih akar, daun dan batangnya. Sampel yang terkumpul dikeringkan terdahulu pada oven dengan suhu 60°C (Siaka *et al.*, 2014) sampai didapatkan berat konstan. Sampel kemudian digerus hingga halus, lalu diayak dengan ayakan 60 mesh dan disimpan dalam plastik klip kering untuk dianalisis.

Penentuan Logam Pb pada Tanah

Ditimbang teliti sebanyak 1 gram tanah yang sudah dipreparasi kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker 100 mL dan ditambahkan 10 mL campuran dari larutan HNO₃-HCl (3:1) lalu ditutup dengan kaca arloji. Campuran kemudian dipanaskan dengan *ultrasonic bath* pada 60°C selama 45 menit, lalu dipanaskan kembali dengan *hotplate* pada 140°C selama 45 menit (Siaka *et al.*, 2016). Larutan yang diperoleh kemudian disaring, filtratnya ditampung dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Larutan yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan AAS pada panjang gelombang 228,17 nm.

Penentuan Logam Pb pada Tanaman

Ditimbang teliti sebanyak 1 gram sampel bagian akar, daun dan batang tanaman gumitir yang sudah dipreparasi kemudian masing-masing bagian tanaman tersebut dimasukkan ke dalam gelas beaker 100 mL dan ditambahkan dengan 10 mL larutan HNO₃ lalu ditutup dengan kaca arloji. Campuran kemudian dipanaskan dengan *hotplate* pada 80°C-90°C selama ± 90 menit, lalu pemanasan dinaikkan menjadi 150°C. Setelah itu larutan ditambahkan HNO₃ dan H₂O₂ 30% masing-masing 6-10 mL sampai campuran mendidih dan larutan bening (Siaka *et al.*, 2016). Larutan bening kemudian disaring, filtratnya ditampung dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Larutan yang diperoleh diukur absorbansinya menggunakan AAS pada panjang gelombang 228,17 nm.

Efektivitas Penyerapan Logam Pb pada Tanaman

Efektivitas penyerapan logam Pb ditentukan berdasarkan konsentrasi Pb yang terdapat dalam tanaman serta media tanah sebelum ditanami gumitir (Nababan *et al.*, 2017):

$$EP (\%) = \frac{TT}{(Sb)} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan : EP = Efektivitas penyerapan; TT = Konsentrasi total Pb pada tanaman ([akar]+[batang]+[daun]) (mg/Kg) dan Sb = Konsentrasi Pb Tanah Sebelum Ditanami Gumitir (mg/Kg).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Logam Pb dalam Tanah

Konsentrasi Pb ditentukan dari mengekstrak sampel tanah dengan mendestruksi menggunakan larutan *reverse aquaregia* (HNO₃-HCl (3:1)) dan uji AAS pada panjang gelombang 228,17 nm. Larutan HNO₃ bertindak sebagai oksidator dengan mempertahankan logam dalam bentuk ion, sedangkan HCl bertindak sebagai oksidator dengan mengubah logam menjadi senyawa logam klorida dan diubah menjadi kompleks anion yang stabil (Asmorowati *et al.*, 2020). Hasil analisis konsentrasi logam Pb dalam sampel tanah sebelum ditanami gumitir dan saat panen disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi Logam Pb pada Tanah Sebelum Ditanami Gumitir (Sb) dan Saat Panen Gumitir (Sp)

Nama	Konsentrasi Pb (mg/kg)	
	Sb	Sp
K	2,89±0,98	1,35±0,7
A	108,97±2,25	100,52±1,66
B	214,18±5,47	170,04±2,88
C	447,04±4,89	379,98±2,24

Keterangan: Sb = tanah sebelum ditanami gumitir; Sp = tanah saat panen gumitir; K = tanah tanpa Pb; A = tanah dengan [Pb] 100 mg/Kg; B = tanah dengan [Pb] 200 mg/Kg; C = tanah dengan [Pb] 400 mg/Kg.

Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi Pb pada tanah sebelum ditanami gumitir hingga saat panen gumitir mengalami penurunan. Penurunan konsentrasi yang terjadi secara berurutan dari konsentrasi rendah ke tinggi yaitu sampel K < A < B < C. Konsentrasi logam Pb berkurang dalam tanah juga disebabkan oleh adanya proses *rhizodegradasi* yaitu Pb diuraikan oleh mikroorganisme dalam *rhizosfer* yang mendapat makanan dari eksudat akar tanaman gumitir (*Tagetes erecta L.*) (Aprilia dan Kristanti, 2013).

Penurunan konsentrasi Pb yang ditunjukkan pada Tabel 1 sebanding dengan penambahan konsentrasi pencemar logam Pb dalam sampel tanah yang disebabkan oleh penyerapan logam Pb oleh tanaman gumitir. Penyerapan logam Pb oleh tanaman dapat terjadi melalui sebuah proses pada tanaman misalnya proses transpirasi air dan hara, dengan akar yang akan membentuk ikatan kompleks

dengan nutrient dalam tanah karena mengalami kontak langsung dengan logam dan mineral-mineral di dalam tanah (Haryati *et al.*, 2012).

Konsentrasi Logam Pb dalam Tanaman

Hasil analisis konsentrasi Pb dalam akar, batang dan daun tanaman gumitir disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Pb dalam Sampel Tanaman Gumitir

Nama	Konsentrasi Pb (mg/kg)		
	Akar	Batang	Daun
K	4,94	0,45	-
	±0,98	±0,66	
A	33,34	9,59	2,43
	±8,55	±4,99	±0,93
B	32,96	19,78	7,32
	±2,93	±0,75	±1,11
C	47,01	25,8	10,82
	±4,52	±2,87	±1,55

Keterangan: Sb = tanah sebelum ditanami gumitir; K = tanah tanpa Pb; A = tanah dengan [Pb] 100 mg/Kg; B = tanah dengan [Pb] 200 mg/Kg; C = tanah dengan [Pb] 400 mg/Kg.

Tabel 2 menunjukkan bahwa konsentrasi logam Pb pada bagian daun sampel K dibawah limit deteksi alat (<0,001). Pada keseluruhan sampel tanaman gumitir menunjukkan bahwa konsentrasi logam Pb yang tertinggi terdapat pada bagian akar, sedangkan pada batang dan daun cukup kecil. Hasil ini didukung oleh hasil penelitian Noviardi dan Damanhuri (2015) dengan tanaman bunga matahari, yang menyatakan bahwa bagian tanaman yang mengalami kontak langsung dengan tanah akan lebih mudah menyerap logam Pb dan penelitian Trisnawati *et al.*, (2016) menunjukkan bahwa konsentrasi Pb dalam akar menuju daun semakin berkurang. Dalam penelitian Suprihatin *et al.*, (2015), menyebutkan bahwa tanaman akumulator Pb hanya berhasil mentranslokasikan tidak lebih dari 30% Pb ke bagian tanaman.

Tumbuhan menyerap logam berat dengan senyawa pengikat (kelat) yang disebut fitokhelatin (Salisbury dan Ross, 1995). Pembentukan senyawa kelat pada tanaman dapat memacu ketersediaan dan transfer logam dari akar ke bagian tanaman, dengan perkiraan mekanisme yaitu unsur logam diserap tanaman akan membentuk ikatan sulfida di ujung belerang pada sistein dan membentuk senyawa kompleks, sehingga logam akan lebih mudah diserap akar dan ditranslokasikan ke bagian

tanaman lainnya melalui sel jaringan *xylem* (Aprilia dan Kristanti, 2013).

Perbedaan konsentrasi pada bagian tanaman dapat dipengaruhi dari kemampuan penyerapan logam berat oleh tanaman. Didukung oleh penelitian Yusuf *et al.*, (2014) menyatakan bahwa masing-masing tanaman mempunyai kemampuan berbeda dalam hal penyerapan logam berat, tergantung pada konsentrasi logam yang terdapat pada sampel tanah.

Hasil penelitian Ratnawati dan Fatmasari (2018) penyerapan logam Pb tertinggi dengan tanaman lidah mertua tertingginya diperoleh sebesar 418 mg/Kg selama 28 hari dan penelitian Noviardi dan Damanhuri (2015) dengan tanaman bunga matahari diperoleh konsentrasi tertinggi sebesar 47,35 mg/Kg dengan kombinasi perlakuan pada tanah 50% limbah batubara dan 800 gram kompos. Dengan perbedaan hasil yang diperoleh dari beberapa peneliti dan data pada Tabel 2, dapat dinyatakan bahwa kemampuan penyerapan yang terjadi pada setiap tanaman dipengaruhi dari jenis tanaman, lama waktu dan perlakuan selama periode penanaman.

Efektivitas Penyerapan Logam Pb

Efektifitas penyerapan logam Pb oleh tanaman gumitir (*Tagetes Erecta L.*) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Efektivitas Penyerapan (EP)

Nama	(%) EP Logam Pb
A	41,62
B	28,04
C	18,71

Keterangan: Sb = tanah sebelum ditanami gumitir; K = tanah tanpa Pb; A = tanah dengan [Pb] 100 mg/Kg; B = tanah dengan [Pb] 200 mg/Kg; C = tanah dengan [Pb] 400 mg/Kg.

Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup besar antara sampel A dengan B dan C. Efektivitas penyerapan tertinggi pada tanaman gumitir diperoleh sampel A sebesar 41,62 %. Efektivitas penyerapan merupakan tingkat keberhasilan sistem remediasi dalam menurunkan kandungan logam berat yang ditentukan berdasarkan persentase penurunan kadar pencemar, apabila nilainya diatas 50% maka suatu sistem remediasi dengan tanaman tersebut efektif dalam menurunkan kadar beban pencemar (Malik dan Biswas, 2012). Efektivitas penyerapan logam Pb pada sampel

A, B dan C diperoleh nilai < 50%, sehingga dapat dikatakan tanaman gumitir (*Tagetes erecta L.*) kurang efektif dalam menurunkan logam Pb yang terdapat pada tanah.

Persentase akumulasi dihitung dengan membandingkan konsentrasi Pb pada bagian-bagian tanaman dengan konsentrasi logam Pb yang terakumulasi dalam tanaman. Persentase akumulasi logam Pb pada akar, batang dan daun tanaman gumitir (*Tagetes erecta L.*) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase Akumulasi Logam Pb dalam Tanaman Gumitir

Nama	% Akar	% Batang	% Daun
A	73,50	21,14	5,36
B	54,87	32,93	12,19
C	56,21	30,85	12,94

Keterangan: A = tanah dengan [Pb] 100 mg/Kg; B = tanah dengan [Pb] 200 mg/Kg; C = tanah dengan [Pb] 400 mg/Kg.

Berdasarkan Tabel 4 persentase akumulasi logam Pb paling besar terdapat pada akar tanaman yang dikarenakan oleh jaringan akar mengalami kontak langsung dengan sampel tanah. Masuknya logam Pb ke akar sama seperti halnya unsur hara yang masuk secara difusi dalam larutan tanah, kontak dengan tanah dan secara pasif terbawa aliran tanah (Yusuf, 2014).

Faktor biokonsentrasi (BCF) dan faktor transport (TF)

Faktor biokonsentrasi (BCF) dan faktor transport (TF) merupakan penentuan besarnya kemampuan tumbuhan dalam menyerap dan mengakumulasi logam berat yang terjadi dari tanah ke akar dan akar ke tajuk tanaman (Ramesh *et al.*, 2010).

Tabel 5. Nilai Faktor Biokonsentrasi dan Faktor Transport dalam Tanaman Gumitir

Nama Sampel	TF mg/Kg	BCF mg/Kg
A	0,4	0,31
B	0,8	0,15
C	0,8	0,11

Keterangan: TF = Faktor transport; BCF = Faktor biokonsentrasi; A = tanah dengan [Pb] 100 mg/Kg; B = tanah dengan [Pb] 200 mg/Kg; C = tanah dengan [Pb] 400 mg/Kg.

Tabel 5 menunjukkan bahwa tanaman gumitir memiliki nilai BCF dan TF < 1. Berdasarkan nilai BCF tanaman yang dikategorikan *metal accumulator* bila nilai BCF > 1, disebut *metal*

excluder bila $BCF < 1$ dan *metal indicator* bila BCF mendekati 1, sedangkan nilai $TF > 1$ disebut fitoekstraksi yang menunjukkan bahwa tanaman mentranslokasikan pencemar dengan efektif dari akar ke bagian lain tanaman, nilai $TF < 1$ disebut fitostabilisasi yang menunjukkan tanaman kurang efektif dalam mentranslokasikan pencemar dari akar ke bagian tanaman lainnya (Sari *et al.*, 2017) dan dalam penelitian ini diperoleh nilai TF kurang dari 1 atau kurang efektif yang dapat disebut mekanisme tanaman gemitir dalam mengakumulasi timbal adalah fitostabilisasi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah (A, B, C) dengan penambahan cemaran 100; 200; dan 400 mg/kg memiliki konsentrasi berturut-turut $108,97 \pm 2,25$; $214,18 \pm 5,47$; dan $447,04 \pm 4,89$ mg/Kg sebelum ditanami gemitir dan $100,51 \pm 1,66$; $170,04 \pm 2,88$; dan $397,98 \pm 2,24$ mg/Kg saat panen gemitir. Bagian tanaman yang paling tinggi menyerap Pb adalah bagian akar yaitu sebesar $47,01 \pm 4,52$ mg/Kg. Efektivitas penyerapan logam Pb dalam tanaman gemitir pada tanah A, B, dan C adalah $< 50\%$ dengan nilai TF dan $BCF < 1$. Dengan demikian, tanaman gemitir kurang efektif menyerap pencemaran logam Pb.

Saran

Perlu dilakukan penelitian dengan variasi konsentrasi logam Pb yang lebih tinggi dan waktu yang lebih lama. Perlu analisis kandungan logam Pb dalam bunga gemitir dan dilakukan penelitian untuk menentukan mikroorganisme yang terdapat pada *rhizosphere* tanaman gemitir.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, D. 2020. Alumni Geografi FMIPA UI. <https://www.studiobelajar.com/pencemaran-lingkungan/> (Kamis, 21 mei 2020 pukul 13.35 wita)
- Aprilia, A. A., dan Purwani, K. I. 2013. Pengaruh Pemberian Mikoriza *Glomus fasciculatum* Terhadap Akumulasi Logam Timbal (Pb) Pada Tanaman *Euphorbia milii*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2(1).
- Asmorowati, D. S., Sumarti, S. S., dan Kristianti, I.I. 2020. Perbandingan Metode Destruksi Basah dan Destruksi Kering untuk Analisis Timbal dalam Tanah di Sekitar Laboratorium Kimia FMIPA UNNES. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 9(3).
- Bosiacki, M. 2009. Phytoextraction of Cadmium and Lead by Selected Cultivars of *Tagetes erecta* L. Part II. Contents of Cd and Pb in Plants. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*. 8(2): 15-26.
- Hardiani, H., Teddy, K., dan Susi, S. 2011. Bioremediasi Logam Timbal (Pb) dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking. *Jurnal Selulosa*. 1(1): 31 – 41.
- Haryati, M., Purnomo, T., dan Kuntjoro, S. 2012. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.) Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda. *LenteraBio*. (3):131-138.
- Malik, N. dan Biswas, A. K. 2012. Role of Higher Plants in Remediation of Metal Contaminated Sites. *Scientific Review and Chemical Communications*. 2(2):141-146.
- Nababan, W., Jati, W. N., dan Murwani, I. 2017. Efektivitas Penyerapan Logam Berat Cd (Kadmium) Oleh Tumbuhan Ketul (*Biden pilosa* L.) dengan Penambahan Mikoriza dan EDTA. *Jurnal Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta*. 1-14.
- Noviardi, R. dan Damanhuri, T. P. 2015. Absorption Of Metal Lead (Pb) Using Sunflower (*Helianthus Annuus*L.) With The Addition In Variation Of Compost And Bottom ASH In Soil Media. *Jurnal Ecolab*. 9(2):47 – 104.
- Ramesh, S., Singapura, D. P., Kumar, N., Bhargava, S. K., dan Barman, S. C. 2010. Accumulation and Translocation of Heavy Metals in soil and Plants from Fly Ash Contaminated Area. *Journal of Environmental Biology*. 31:421-430.
- Salisbury, F. dan Ross, W. 1995. Fisiologi Tumbuhan. ITB. Bandung.

Penyerapan Kadar Timbal (Pb) Tanah Tercemar dan Akumulasinya pada Tanaman Gumar (Tagetes Erecta L.) dengan Remediasi (I G. A. K. S. P. Dewi, N. L. G. A. Sunariani, dan I. E. Suprihatin)

- Sari, E. M. A., Hanifah., and F. K. Ganis. 2017. Potensi Tanaman Azolla (*Azolla pinnata*) Sebagai Fitoremediator Ion Timbal (II), Ion Kadmium (II) Dan Ion Kromium (II). *Jurnal. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Riau, Riau*.
- Siaka, I. M., Utama, I. M. S., Manuaba, I. B. P., and Adnyana, I. M. 2014. Heavy Metals Contents in the Edible Parts of Some Vegetables Grown in Candi Kuning, Bali and Their Predicted Pollution in the Cultivated Soil. *Journal of Environment and Earth Science*. 4(23): 78-83.
- Siaka, I. M. 2016. Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Berat dalam Tanah dan Akumulasinya dalam Sayuran sebagai Dasar Penentuan Tingkat Aman Konsumsi. *Disertasi. Universitas Udayana. Denpasar*.
- Suprihatin, I. E., Suyasa, I. W. B., dan Laksmiwati, A. A. I. A. M., 2015. Penurunan Kandungan Ammonia Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Trikloring Filter dan Lahan Basah. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Denpasar*. 20-30.
- Surtikanti, H.K. 2011. *Toksikologi Lingkungan dan Metode Uji Hayati*. Bandung: Rizqi Press.
- Trisnawati, N., Manuaba, P. B., Suprihatin, I. E. 2016. Fitoremediasi Dengan Tanaman Pacing (*Speciosus Cheilocostus*) Untuk Menurunkan Kandungan Pb, Cd Dan Hg Limbah Cair Laboratorium. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*. 4 (1).
- Yusuf, M., Zubair, A., dan Arsyad, A. 2014. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Pb Dan Cd Dengan Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*). *Jurnal Teknik Lingkungan. Universitas Hasanuddin*.