

## Metode Fitoremediasi dalam Pengelolaan Tanah Tercemar Timbal (Pb) pada Lahan Bekas Tambang, Berdasarkan *Literatur Review*

Yudha Chrisman Mendrofa, Nurkhamim

Prodi Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta

Korespondensi: chrismanyudha@gmail.com

### ABSTRAK

Secara umum pengolahan air atau lahan tercemar di area penambangan dapat dilakukan menggunakan 2 macam metode. Metode pertama adalah metode aktif, yakni metode yang menggunakan penambahan bahan kimia secara langsung ke kolam tambang atau lahan reklamasi dengan tujuan untuk mereduksi senyawa pencemar. Banyak pelaku industri penambangan yang memilih cara ini. Cara ini sering diadopsi di dunia pertambangan karena selain mudah didapat, bahan kimia juga tergolong sangat praktis dalam penggunaannya, yaitu dengan cara menaburkan bahan kimia tersebut ke media yang tercemar dengan dosis tertentu. Namun dalam penggunaannya, bahan kimia tersebut memerlukan jumlah yang sangat banyak sehingga berpotensi memberikan biaya yang cukup mahal bila dilakukan secara terus-menerus. Metode kedua adalah metode pasif, yaitu suatu metode penanggulangan masalah air atau lahan tercemar dengan bantuan dari proses bio-geokimia tumbuhan yang direkayasa sedemikian rupa sehingga dapat menangani permasalahan air atau lahan tercemar secara kontinyu. Salah satu teknik yang terkenal dari metode ini adalah teknik Fitoremediasi. Tujuan dari penelitian berdasarkan kajian literatur (*literature review*) ini adalah untuk mengetahui apakah adanya penurunan konsentrasi timbal (Pb) pada tanah dengan metode fitoremediasi, mengetahui seberapa besar efisiensi tanaman dalam menyerap logam berat timbal (Pb) pada tanah, dan mengetahui persebaran konsentrasi timbal (Pb) dalam bagian-bagian tanaman.

Kata kunci: fitoremediasi, timbal, tanaman, pengelolaan Lahan

### ABSTRACT

*In general, water treatment or polluted land in mining areas can be carried out using 2 different methods. The first method is active method, which is a method that uses the addition of chemicals directly to mining ponds or land reclamation with the aim of reducing pollutant compounds. Many mining industry players choose this method. This method is often adopted in the mining world because in addition to being easy to obtain, chemicals are also very practical in their use, namely by sprinkling these chemicals into contaminated media with a certain dose. However, in its use, these chemicals require very large quantities so that they have the potential to provide quite expensive costs if carried out continuously. The second method is a passive method, which is a method of overcoming the problem of polluted water or land with the help of a plant bio-geochemical process that is engineered in such a way that it can deal with the problem of polluted water or land continuously. One of the well-known techniques of this method is the Phytoremediation technique. The purpose of this study based on the literature review was to determine whether there was a decrease in the concentration of lead (Pb) in the soil using the phytoremediation method, to find out how efficient the plants were in absorbing lead (Pb) heavy metal in the soil, and to determine the distribution of lead concentration (Pb). Pb) in plant parts.*

*Keywords: Phytoremediation, Lead, Plants, Land Management*

### 1. PENDAHULUAN

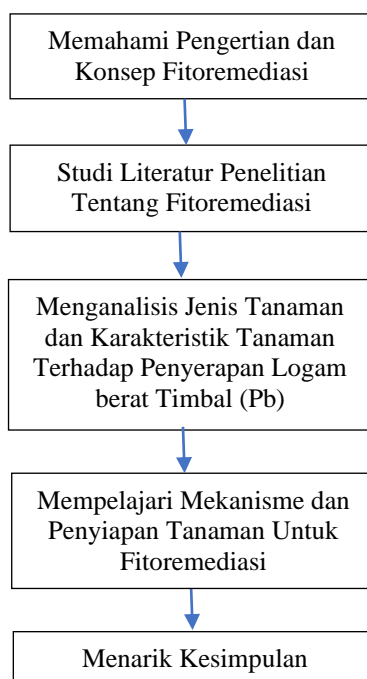
Polusi kimia pada tanah dapat menyebabkan masalah lingkungan dan berdampak negatif bagi kesehatan manusia di banyak negara, termasuk Indonesia. Kegiatan pertanian dan industri, dalam hal ini pertambangan, dapat mengakibatkan adanya logam berat, seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), seng (Zn), kromium (Cr), cadmium (Cd), dan lainnya, baik berasal dari bahan organik maupun anorganik [1]. Timbal dan arsenik adalah salah satu logam berat yang paling umum ditemukan di tanah [2]. Unsur Pb sampai saat ini masih dipandang sebagai bahan pencemar yang dapat menimbulkan pencemaran tanah dan lingkungan [3]. Kandungan Timbal (Pb) dalam darah menurut WHO untuk manusia adalah  $5 \text{ g dL}^{-1}$  [4]. Timbal menyebabkan keracunan bila kandungan dalam darah lebih dari  $10 \text{ g dL}^{-1}$  [5]. Oleh karena itu, untuk kesehatan makhluk hidup dan lingkungan perlu dilakukan pengendalian jumlah timbal dalam air dan udara [6].

Fitoremediasi adalah proses dekontaminasi menggunakan tanaman, yang melibatkan berbagai langkah, termasuk serapan logam berat (fitoekstraksi), akumulasi, dan translokasi logam berat (fitoakumulasi) [7]. Fitoekstraksi mengarah pada kontaminan yang diserap oleh tanaman bersama dengan nutrisi dan air. Kontaminan tersebut kemudian diendapkan dan terakumulasi di pucuk atau daun tanaman dengan proses yang disebut fitoakumulasi. Fitostabilisasi dapat mencapai imobilisasi in-situ atau inaktivasi kontaminan dengan menyerapnya pada akar tanaman [8]. Penggunaan fitoremediasi bertujuan untuk memulihkan kondisi tanah, air, ataupun permukaan yang terkontaminasi logam berat menggunakan tanaman [9]. Fitoremediasi memiliki keunggulan dalam segi ekonomi karena memerlukan biaya yang relatif lebih kecil daripada metode remediasi kimia ataupun mekanis [10]. Dengan banyaknya jenis tanaman di Indonesia, maka akan banyak tumbuhan yang berpotensi sebagai hiperakumulator dalam remediasi lingkungan yang tercemar [3]. Syarat agar tanaman dapat dikatakan sebagai hiperakumulator adalah bila memiliki karakter sebagai berikut: (i) memiliki laju penyerapan unsur yang relative lebih tinggi disbanding dengan tanaman lain, (ii) bagian akar dan bagian lainnya dari tanaman tersebut dapat mentoleransi unsur dalam jumlah yang besar, dan (iii) adanya translokasi unsur logam berat dari akar ke bagian yang lebih tinggi, sehingga unsur dapat terakumulasi di bagian lainnya [11]. Proses bioremediasi terjadi ketika adanya degradasi biologis pada sel mikroorganisme tanaman yang mampu menyerap kandungan berbahaya yang mengarah ke metabolisme enzimatik tertentu [12].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk: 1. Mengetahui apakah adanya penurunan konsentrasi timbal (Pb) pada tanah yang tercemar timbal (Pb) dengan metode fitoremediasi, 2. Mengetahui seberapa besar efisiensi tanaman dalam menyerap logam berat timbal (Pb) pada tanah yang tercemar timbal (Pb), dan 3. Mengetahui persebaran konsentrasi timbal (Pb) dalam bagian-bagian tanaman.

## 2. METODE PENELITIAN

Tahapan dalam penelitian yang dilakukan seperti yang tertuang pada Gambar 1. dibawah. Penelitian ini berdasarkan *literatur review* baik jurnal nasional maupun internasional.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

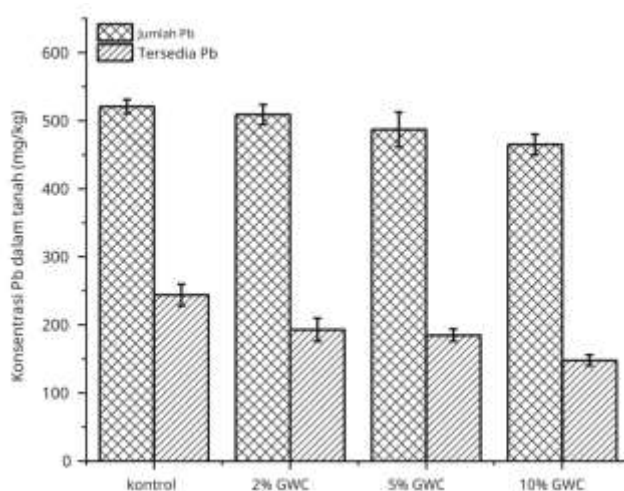
Sebelum tanaman diletakan pada kondisi tanah yang sebenarnya, dilakukan tahap aklimatisasi. Tahap aklimatisasi adalah kemampuan tanaman untuk beradaptasi atau penyesuaian fisiologis terhadap lingkungannya [13]. Tujuan dari tahap aklimatisasi adalah agar tanaman yang akan diuji bisa beradaptasi terhadap kondisi lingkungan sehingga dapat bertahan hidup [14]. Langkah awal yang dilakukan adalah dengan penyemaian bibit tanaman dalam *polybag* atau pot. Bibit tanaman tersebut kemudian dirawat hingga 14 hari pada kondisi tanah normal (kaya akan unsur hara) dan disiram menggunakan aquades. Setelah 14 hari, dilakukan penyortiran tanaman. Tanaman yang masih sehat akan dipilih dan tanah pada *polybag* atau pot akan dicampur dengan tanah yang tecemar limbah dan mulsa, kemudian dilakukan pengamatan selama

14 hari. Konsentrasi pencemar yang diletakan pada tanah *polybag* bervariasi mulai dari 10 mg/kg hingga 200mg/kg. Setelah 14 hari dirawat menggunakan tanah normal dicampur dengan tanah tercemar timbal, barulah bibit tanaman diletakan pada tanah yang tercemar timbal sepenuhnya. Kemudian dilakukan pengamatan dan pengujian kepada nilai pH tanah, seberapa efisien tanaman dalam mengurangi kadar timbal (Pb) dalam tanah, dan mengetahui persebaran kandungan timbal (Pb) pada tanaman. Pengamatan dilakukan setiap 1 minggu selama 4-8 minggu [15].

### 3. HASIL DAN ANALISIS

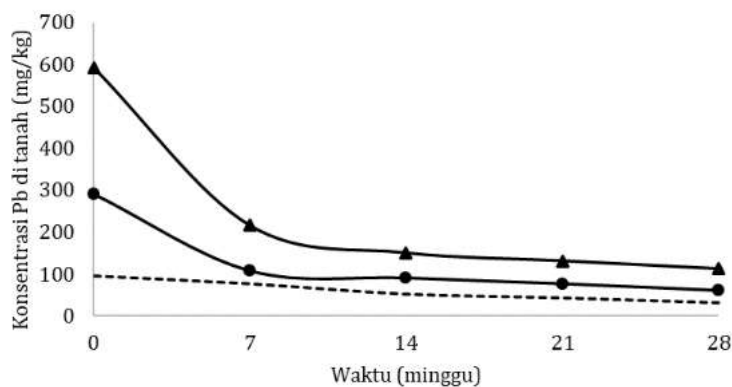
#### 3.1 Pengaruh Tanaman Terhadap Kadar Pb

Tanaman yang terpapar logam berat pada konsentrasi tinggi menyebabkan kerusakan parah pada berbagai aktivitas metabolisme yang menyebabkan kematian tanaman [16]. Paparan kadar logam berlebih pada tanaman menghambat enzim yang aktif secara fisiologis [17], menonaktifkan fotosistem [18], dan merusak metabolisme mineral [19]. Namun, tanaman akumulator dapat mentolerir konsentrasi logam berat yang tinggi pada tanah, sehingga dapat tumbuh dengan baik di tanah yang mengandung logam, dan memiliki kemampuan efisiensi yang berbeda dalam menyerap ion logam tertentu dari tanah [20]. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Yuanxin Liu, dkk. (2019), terdapat perubahan signifikan kandungan timbal (Pb) yang terdapat dalam tanah. Dalam hal ini, Yuanxin Liu, dkk. (2019) menggunakan media tanaman *Pakchoi cabbage* (*Brassica campestris L. ssp.*) [21]



Gambar 1. Jumlah konsentrasi logam timbal dalam tanah sebelum dan sesudah diolah dengan tanaman *Pakchoi cabbage* (*Brassica campestris L. ssp.*) [21]

Pada penelitian menggunakan tanaman lidah mertua (*Sansevieria Trifasciata*) yang dilakukan oleh Rhenny Ratnawati dkk. (2018), menghasilkan penurunan konsentrasi logam timbal (Pb) dalam tanah [15].



Gambar 2. Penurunan Konsentrasi Pb dalam Tanah Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*) [15]

### 3.2 Sebaran Konsentrasi Timbal (Pb) Pada Tanaman

Pada penelitian yang dilakukan Rhenny Ratnawati dkk (2018), lidah mertua (*Sansevieria trifasciata*) memiliki nilai penyerapan kandungan logam pada tanah yang lebih baik dibandingkan tanaman jengger ayam (*Celosia pulmosa*) [15]. Hal ini dikarenakan tanaman lidah mertua (*Sansevieria trifasciata*) mempunyai zat aktif yang bernama *pregnane glukosit* [22]. Hasilnya disajikan dalam Table 1. berikut [15]:

Tabel 1. Kandungan Konsentrasi Pb yang terdapat pada Bagian Akar dan Daun dari Tanaman Sampel [15]

Nama Tanaman	Akar (mm/kg)		Batang/Daun (mm/kg)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Lidah Mertua ( <i>Sansevieria trifasciata</i> )	88	246	39	172
Jengger Ayam ( <i>Celosia pulmosa</i> )	20	127	12	100

Dari hasil data penelitian Rhenny Ratnawati dkk (2018), dapat disimpulkan kadar Pb dalam akar lebih tinggi daripada batang/ daun. Hal ini karena proses masuknya konsentrasi Pb dalam jaringan. Jaringan akar mempunyai interaksi langsung dengan tanah (media) yang terkontaminasi pencemar berupa Pb, sehingga konsentrasi Pb di jaringan akar cenderung lebih tinggi daripada batang maupun daun. Unsur hara dapat kontak dengan permukaan akar melalui tiga cara, yakni secara difusi dalam larutan tanah, secara pasif terbawa aliran air tanah dan karena akar kontak dengan hara tersebut di dalam matrik tanah [23].

Penggunaan *Green Waste Compost* (GWC) juga dapat membantu tanaman dalam menyerap konsentrasi logam pada tanah. Mulsa tanah (seperti *biochar*, limbah lumpur, kompos organik, dan *fly ash* batubara) merupakan salah satu campuran tanah yang praktis dan efektif untuk memperbaiki tanah yang tercemar oleh logam berat [24]. Penelitian yang dilakukan Affonso Celso Goncalves, dkk. (2020) yang menggunakan tanaman *crambe abyssinica* hanya menghasilkan persebaran konsentrasi Pb pada akar tanaman tersebut [25]. Tidak konsentrasi Pb pada batang/daun.

Tabel 2. Kandungan Konsentrasi Pb yang terdapat pada Bagian Akar dan Daun dari Tanaman Sampel [10]

Nama Tanaman	Akar (mm/kg)		Batang/Daun (mm/kg)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
<i>crambe abyssinica</i>	9	139,50	0	0

Pencemaran tanah oleh Cd dan Pb mengurangi fotosintesis pada tanaman *crambe abyssinica*, meningkatkan pernapasan tanaman *crambe abyssinica* dan memiliki pengaruh negatif pada nutrisi mineral dari tanaman *crambe abyssinica*. Cd menunjukkan fitoavailabilitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan Pb, juga ditemukan di semua bagian tanaman *crambe abyssinica* mulai dari 1,5 mg/kg Cd. Pb tertahan hanya di bagian akar dan tidak ditranslokasikan ke bagian batang/daun. *Crambe abyssinica* adalah pilihan yang sangat baik untuk fitoekstraksi Cd dan fitostabilisasi Pb, mewakili spesies tumbuhan baru untuk tujuan dekontaminasi [25].

### 3.3 Efisiensi Penggunaan Tanaman Pada Metode Fitoremediasi.

Penelitian berdasarkan Dede Haryanti, dkk (2013) yang melakukan penelitian efisiensi penggunaan tanaman dalam metode fitoremediasi terhadap tanah timbah. Hasil nya dapat dilihat pada Table 3 [26].

Tabel 3. Efisiensi Penyerapan Tanaman Terhadap Tanah Tercemar Timbal (Pb) [26].

No.	Jenis Tanaman	Kandungan Pb mg/kg		Efisien Penyerapan (%)
		Tanah Awal	Tanaman	
1.	Hanjuang ( <i>Cordyline Fruicosa</i> )	319,71	141,56	44,28
2.	Sambang Dara ( <i>Excoecaria Cochinchensis</i> )	319,71	101,94	31,89
3.	Lipen ( <i>Aglaonema Commutatum</i> )	319,71	95,80	29,97
4.	Sri Rezeki ( <i>Aglaonema sp.</i> )	319,71	79,00	24,71
5.	Pucuk Merah ( <i>Syzigiu Oleina</i> )	319,71	71,55	22,38
6.	Aglonema Merah ( <i>Danna Carmen</i> )	319,71	59,52	18,62
7.	Puring ( <i>Codiaeum Variegatum</i> )	319,71	50,06	15,66
8.	Lidah Mertua ( <i>Sansevieria Trifasciata</i> )	319,71	38,97	12,19

Pada Tabel 3 terlihat bahwa efisiensi penyerapan logam Pb tertinggi terdapat pada tanaman Hanjuang (*Cordyline frucosa*) dengan nilai 44,28 % dan Sambang Dara (*Excoecaria cochinchensis*) dengan nilai 31,89 %. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman Hanjuang (*Cordyline frucosa*) dan Sambang Dara (*Excoecaria cochinchensis*) mempunyai kemampuan menyerap logam Pb lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman hias lainnya. Sedangkan tanaman yang memiliki efisiensi penyerapan terendah yaitu tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata Prain*) dengan nilai 12,19 %, hal ini disebabkan tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata Prain*) memiliki volume akar yang sedikit dan cabang-cabang akar yang pendek. Sehingga akar tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata Prain*) tidak menyebar secara menyeluruh di dalam tanah untuk penyerapan logam timbal (Pb).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan *literatur review*, dapat ditarik kesimpulan bahwa beberapa tanaman memiliki efek yang signifikan dan efisien dalam membantu penyerapan kandungan logam timbal (Pb) pada tanah. Beberapa tanaman mampu bertahan dalam kondisi tanah tercemar logam berat. Aplikasi tanaman tersebut pada tanah tercemar timbal (Pb) pun sangat mudah dilakukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tangahu, B. V., Kartika, A. A. G., Maulana, A. A., Nugraha, F., and Abdullah, S. R. S. *Study of chromium (Cr) and lead (pb) distribution in soil in jetis district, Mojokerto, Indonesia*. 2020. Technology Report of Kansai University 62 169-184 ISSN: 04532198
- [2] Sulastrri, B. N., Apriyani, S., Zu'amah, H. *Adsorption Capacity of Chelating Agent to Adsorb Lead and Arsenic*. 2021. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 648 (2021) 012210
- [3] Juhaeti, T., Sharif, F., Hidayati, N. *Inventarisasi Tumbuhan Potensial untuk Fitoremediasi, Jurnal Biodiversitas*. 2004. Vol. 6: NO. 1 hal 31-33
- [4] World Health Organization. Environmental Health Criteria 165 Inorganic lead. *Geneva: The United Nation Environment Programme*. Finlandia. The International Labour Organization and World Health Organization. 1995.
- [5] Albalak, R., Gary, N., Sharunda, B., Dana, F.W., Carol, G.C., Dennis, K., Robert, L.J., Rini, S., Wendy, B., Regina, T., Gerald, C., dan Michael, A.M. *Kadar timbal dalam darah dan faktor risiko keracunan timbal pada anak-anak di Jakarta Indonesia*. 2003. Ilmu Lingkungan Total: 301 75- 85
- [6] Purbalisa, W., Zulaehah, I., and Papatrui, D.M.W. *Application of remediation treatment to reduce lead in the soil of shallot cropping*. 2021. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 648 (2021) 012063
- [7] Kowalska, A.; Grobelak, A.; Almãs, A.R.; Singh, B.R. *Effect of biowastes on soil remediation, plant productivity and soil organic carbon sequestration: A review*. *Energies* 2020, 13, 5813.
- [8] Grzegórska, A.; Rybarczyk, P.; Rogala, A.; Zabrocki, D. *Phytoremediation—From environment cleaning to energy generation—Current status and future perspectives*. *Energies* 2020, 13, 2905.
- [9] Baker, A. J. M., McGrath, S. P., Reeve, R. D. *Metal hyperaccumulator plants: a review of the ecology and physiology of a biochemical resource for phytoremediation of metal polluted soils Contaminated soil and water*. 2000. Lewis Publishers, Boca-Raton, FL, USA, pp 85–107
- [10] Nurzhanova, A., Pidlisnyuk, V., dkk. *Comparative assessment of using Miscanthus × giganteus for remediation of soils contaminated by heavy metals: a case of military and mining sites*. 2019. *Environmental Science and Pollution Research* 26:13320–13333
- [11] Brown, S. L., R., L. Chaney, J, S. Angle, and A., J. M. Baker. *Zink and Cadmium uptake by hyperaccumulator Thlaspi caerulescens grown in nutrient solution*. 1995. *Soil Science Society of America Journa* 59:125-133.
- [12] S., Maletic, B., Dalmacija, and R., Srdan. *Petroleum Hydrocarbons Biodegradability in Soil-Implications for Bioremediation*. 2013. *Soil Science Society of America Journa* 50:577-593.
- [13] Malayeri, B. E., A. Chehregani, N., Yousefi, and B., Lorestani. *Identification of the hyperaccumulator plants in copper and iron mine in Iran*. 2008. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11: 490-492.
- [14] Patandungan, A., Syamsidar, H. S., dan Aisyah. *Fitoremediasi Tanaman Akar Wangi (Vetiver zizanioides) terhadap Tanah Tercemar Logam Kadmium (Cd) pada Lahan TPA Tamangapa Antang Makassar*. 2016. *Al-Kimia* 4(2): 8-21.
- [15] Ratnawati, Rhenny, dan Risna Dwi Fatmasari. *Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (Sansevieria Trifasciata) dan Jengger Ayam (Celosia Plumosa)*. 2018. *Al-Ard*. Surabaya.
- [16] Alaboudi, A., Ahmed, Berhan, and Brodie, Graham. *Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (Helianthus annuus) plant*. 2018. Faculty of Agriculture, Ain Shams University 0570-1783
- [17] Gadd, G. M., *Geomycology: biogeochemical transformations of rocks, minerals, metals and radionuclides by fungi, bioweathering and bioremediation*. 2007. *Mycol. Res.* 111, 3–49.
- [18] Sandmann, G., Böger, P. *Copper-mediated lipid peroxidation processes in photosynthetic membranes*. 1980. *Plant Physiol.* 66, 797–800.

- [19] Janas, K. M., Zieli, A., Ska-Tomaszewska, J., Rybaczek, D., Maszewski, J., Posmyk, M. M., Amarowicz, R., Kosińska, A. *The impact of copper ions on growth, lipid peroxidation, and phenolic compound accumulation and localization in lentil (*Lens culinaris Medic.*) seedlings*. 2010. *J. Plant Physiol.* 167, 270–276.
- [20] Liu, Lianwen, Wei Li, Weiping Song, Mingxin Guo. *Remediation techniques for heavy metal contaminated soils: Principles and applicability*. 2018. Science Direct. China
- [21] Liu, Yuanxin, dkk. *Influence of green waste compost on Pb-polluted soil remediation, soil quality improvement, and uptake by Pakchoi cabbage (*Brassica campestris L. ssp.*)*. 2019. *Environmental Science and Pollution Research*. 11356-019-07505-9.
- [22] Purwanto, A. W. *Sansevieria: Flora Cantik Penyerap Racun*. 2006. Yogyakarta: Kanisius.
- [23] Yusuf, M., Achmad Z., dan Ardy A. *Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Pb dan Cd Dengan Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata*)*. 2004. Jakarta: Airlangga
- [24] Udeigwe, T. K., Eze, P. N., Teboh, J. M., Stietiya, M. H. *Application, chemistry, and environmental implications of contaminant immobilization amendments on agricultural soil and water quality*. 2011. *Environ Int* 37(1):258–26
- [25] Jr., Affonso Celso Goncalves, dkk. *Phytoremediation capacity, growth and physiological responses of *Crambe abyssinica Hochst* on soil contaminated with Cd and Pb*. 2020. Science Direct. Brazil.
- [26] Haryanti, Dede, Dedik, Budianta, dan Salni. *Potensi Beberapa Jenis Tanaman Hias sebagai Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) dalam Tanah*. 2013. JPS. Palembang