

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran logam berat yang disebabkan oleh proses alam atau kegiatan antropologi seperti industri logam, pertambangan, pupuk mineral, pestisida dan lain-lain menimbulkan masalah lingkungan yang serius saat ini. Tanah, air dan udara terkontaminasi sebagai akibat dari kegiatan industri dan pertumbuhan kota-kota besar yang tidak terkendali. Pencemaran logam berat pada lingkungan merupakan dilema global (Fitamo et al., 2011; Jalali dan Dayani, 2012) karena konsekuensi yang signifikan bagi kesehatan manusia, keanekaragaman hayati, dan stabilitas ekosistem (Uzu et al., 2011; Schreck et al., 2012; Shahid et al., 2013; Pourrut et al., 2013). Logam berat ditemui di mana-mana di lingkungan karena pelepasan dalam jumlah besar oleh berbagai sumber alami dan antropogenik (Schreck et al., 2011; Uzu et al., 2011; Shahid et al., 2013). Produksi logam berat di seluruh dunia telah meningkat selama beberapa tahun terakhir lima tahun karena peningkatan penggunaannya dalam industri (Uzu et al., 2010; Mostert et al., 2012; Lu et al., 2012). Logam berat, antara lain besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), nikel (Ni), selenium (Se), kobalt (Co), kromium (Cr), dan molibdenum (Mo), sangat penting bagi organisme hidup. Logam berat berperan penting dalam berbagai reaksi enzimatik dan redoks, namun beberapa logam tidak berperan dalam metabolisme esensial, seperti timbal (Pb), kadmium

(Cd), merkuri (Hg), arsenik (As), dapat menyebabkan ancaman bagi tanaman, hewan, dan manusia melalui makanan rantai (Muhammad et al., 2011; Pourrut et al., 2011; Tu et al., 2012). Logam berat seperti, As, Pb, Cd, dan Hg dianggap sebagai logam berat paling berbahaya oleh ATSDR (2016), berdasarkan toksisitas dan potensi paparan terhadap manusia dan keempat logam tersebut juga ada dalam daftar polutan prioritas USEPA.

Timbal merupakan logam berat yang paling beracun urutan ke 2 setelah arsen (USEPA, 2008) bagi tanaman, hewan, mikroba dan manusia (Zhou et al., 2014). Timbal merupakan kontaminan utama karena penyebarannya meluas keseluruh lingkungan (Mangkoediharjo,2008). Mobilitas timbal meningkat melalui mekanisme rantai makanan sehingga akumulasi dalam tanah dan perairan menimbulkan resiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (Khan, et al.,2010). Gangguan kesehatan, seperti terganggunya sintesis darah merah, anemia (Zeqiri et al.,2012), penurunan intelegensia pada anak (Iglesias et al., 2011). Berpengaruh terhadap sistem saraf, ginjal, sistem reproduksi, sistem endokrin dan jantung (Flora, et al., 2012), menyebabkan stres oksidatif (Ahamed and Siddiqui, 2007). Melalui serapan air yang terkontaminasi timbal masuk ke tanaman dan menumpuk di jaringan tanaman karena tidak dimetabolisme (Akeel.2016). Akumulasi logam timbal di tanah mempengaruhi tanaman terutama melalui sistem akar (Huang et al., 2012).

Tanaman secara langsung terkena lingkungan yang terkontaminasi karena pertumbuhannya bergantung pada tanah, adanya kandungan timbal yang tinggi menyebabkan kerusakan sistemik yang akan mempengaruhi fungsi metabolisme

tanaman di antaranya menghambat fotosintesis, respirasi, perkecambahan serta hasil panen (Liu, et al, 2008 ; Mohanty et al., 2012).

Pencemaran logam berat pada lingkungan berdampak pada kehidupan organisma, hal ini didasarkan pada kualitas lingkungan yang mempengaruhi dan menentukan kualitas makhluk hidup baik manusia, tumbuhan dan hewan. Sebagaimana disampaikan dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, perlindungan dan pengelolaan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum. Oleh karena itu diperlukan upaya-upaya dalam pengelolaan dan pengendalian lingkungan untuk memperbaiki kualitas lingkungan, sebagaimana disampaikan dalam UU No. 32 Tahun 2009 pasal 13 dan 54 bahwa pengendalian pencemaran dan atau kerusakan lingkungan hidup dilaksanakan dalam rangka pelestarian fungsi lingkungan hidup meliputi a. pencegahan, b. penanggulangan, dan c. pemulihan. Pemulihan fungsi lingkungan hidup dilakukan dengan a. penghentian sumber pencemaran dan pembersihan unsur pencemar; b. remediasi; c. rehabilitasi; d. restorasi; dan/atau e. cara lain yang sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Remediasi merupakan pemulihan lingkungan yang tercemar yang bertujuan memperbaiki kualitas lingkungan, oleh karena perlu dilakukan remediasi supaya lahan yang tercemar dapat digunakan kembali untuk berbagai kegiatan secara aman. Teknik remediasi telah dikembangkan untuk mengurangi total atau konsentrasi logam yang tersedia di tanah (Park et al., 2011; Sun et al., 2011;

Shahid et al., 2013). Remediasi seperti penggalian dan pengelolaan lahan secara kimia-fisika kurang praktis terutama di lahan pertanian yang terkontaminasi dengan skala besar, karena memerlukan biaya tinggi atau kurangnya solusi jangka panjang (Sun et al., 2011), serta memerlukan sistem monitoring dan peralatan yang mahal (Ahmadpour et al., 2012). Fitoremediasi dikembangkan karena efisien, hemat biaya serta ramah lingkungan (Lambrechts et al., 2011; Pandey, 2012; Zhang et al., 2012; Sinha et al., 2013). Konsep fitoremediasi pertama kali diperkenalkan pada tahun 1980an dari kemampuan luar biasa beberapa spesies tanaman untuk mengakumulasi lebih tinggi logam beracun dalam jaringan atau organ vegetatifnya (Maestri dan Marmioli, 2011). Logam berat setelah diserap oleh akar tanaman, selanjutnya ditranslokasikan ke bagian vegetatif tanaman, dan lokalisasi logam dalam vacuola. Fitoekstraksi memanfaatkan tanaman hiperakumulator, yang dapat mengakumulasi logam berat dalam jumlah tinggi di organ bagian atas tanpa menyebabkan toksisitas pada proses metabolismenya (Ali et al., 2011; Seth et al., 2011; Tang et al., 2012). Fitostabilisasi memanfaatkan akar tanaman untuk membatasi mobilitas dan bioavailabilitas kontaminan di dalam tanah (Jadia dan Fulekar, 2009), sehingga mencegah migrasinya ke dalam ekosistem dan mengurangi kemungkinan logam masuk ke dalam rantai makanan (Marques et al., 2009).

Tanaman hias selain dapat mempercantik lingkungan, beberapa tanaman hias juga mampu mendegradasi kontaminan ketika tumbuh di tanah yang terkontaminasi logam berat atau polutan organik. Beberapa tumbuhan hiperakumulator dengan toleransi dan akumulasi kontaminan tinggi kurang praktis

dalam aplikasi untuk penggunaan komersial. Jenis tanaman dengan biomassa tinggi seperti tanaman hias telah digunakan untuk dekontaminasi tanah dengan bantuan pengkelat. (Glinska et al. 2014), namun secara ekonomi dan sosial bermanfaat bagi masyarakat (Pandey dan Singh, 2011). Polutan yang terakumulasi dalam tanaman hias dapat dipisahkan dari rantai makanan, sehingga mengurangi risiko kesehatan manusia sampai batas tertentu. Tanaman hias mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi, sehingga sangat menarik untuk dibudidayakan, selain mempunyai nilai estetika yang tinggi juga memiliki beberapa manfaat bagi kehidupan sehari-hari maupun industri. Tanaman hias yang dapat mengakumulasi logam berat mempunyai manfaat ekonomis yaitu selain untuk mengatasi tanah yang terkontaminasi juga dapat mempercantik lingkungan pada saat yang sama. Tanaman hias di daerah perkotaan memiliki aplikasi praktis yang dapat meremediasi tanah tercemar sekaligus memperindah lingkungan

Penggunaan tanaman Hanjuang (*Cordyline fruticosa*) dan Puring (*Codiaeum variegatum*) untuk fitoremediasi masih sangat terbatas hanya mengkaji mekanisme fitoremediasi sehingga perlu diteliti lebih lanjut mengenai efektivitas tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* dalam mengakumulasi logam timbal dan toksisitas logam terhadap kedua tanaman tersebut. Kajian secara morfologi, fisiologi dan biokimia dapat dijadikan pertimbangan dalam penggunaan dan pemanfaatan kedua tanaman tersebut dalam remediasi tanah yang tercemar logam timbal. Tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* memiliki nilai ekologi, ekonomi dan estetika, sehingga dapat digunakan sebagai tanaman untuk taman kota, dapat mengurangi tingkat pencemaran terhadap logam

berat. Pemanfaatan tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* merupakan teknologi ramah lingkungan dalam mengendalikan pencemaran tanah.

B. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Seberapa besar pengaruh paparan timbal terhadap pertumbuhan tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum*?
2. Bagaimana akumulasi timbal pada tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum*?
3. Bagaimana translokasi timbal pada tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum*?
4. Seberapa besar indeks toleransi timbal tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum*?
5. Sejauh mana pengaruh paparan timbal terhadap kadar klorofil tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum*?
6. Sejauh mana pengaruh paparan timbal terhadap aktivitas enzim antioksidan tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum*?
7. Bagaimana formulasi aplikasi rancangan fitoremediasi tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum*?

C. Orisinalitas

Selama ini penelitian tentang fitoremediasi sudah banyak diteliti, tetapi fitoremediasi dengan menggunakan tanaman puring dan hanjuang masih sangat terbatas dan umumnya kegiatan penelitian dengan *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* hanya fokus pada mekanisme dan kinerja fitoremediasi, penelitian terdahulu terdapat pada lampiran. Kemampuan fitoremediasi dari kedua tanaman tersebut dalam penelitian ini akan dikaji meliputi aspek mekanisme dan kinerja fitoremediasi, morfologi, fisiologi dan biokimia, melalui kajian lengkap akan diperoleh informasi kemampuan tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* yang dapat diaplikasikan dalam fitoremediasi.

Penelitian fitoremediasi terdahulu yang berkaitan dengan tanaman hias *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* antara lain Haryanti (2013) melaporkan bahwa kemampuan menyerap dan efisiensi penyerapan logam Pb paling banyak pada tanaman hanjuang. Sidauruk (2015) meneliti bahwa produksi biomassa *Diffenbachia sp* lebih besar dibanding *Codiaeum variegatum* tetapi serapan logam Pb *Codiaeum variegatum* lebih tinggi daripada *Diffenbachia sp* pada kawasan industri. Pangesti et al., (2012) melaporkan bahwa terdapat korelasi glutation dan APTI sebagai indikator pencemaran SO₂. Kurniawan (2016) menguji serapan logam Cd dari asap rokok dan Yusnani (2012) meneliti penyerapan logam timbal pada udara ambien.

Penelitian fitoremediasi terdahulu yang berkaitan dengan kemampuan akumulasi logam Pb pada tanaman antara lain Vamarali et al., (2009) melaporkan bahwa akumulasi Pb di daun lebih tinggi pada akar pada *Salix alba*. Amin Mojri

(2011) melaporkan bahwa akumulasi Pb paling banyak di akar pada *Zea mays*. Ahmed K Salama et al., (2016) meneliti *Lolium multiflorum* sebagai akumulator Cd daripada Pb. Subhashinil et al., (2013) bahwa akumulasi Pb di akar lebih tinggi dibandingkan batang dan daun pada tanaman *Catharanthus roseus* L. Stephen et al., (2016). Sewalem Nasir et al., (2014) melaporkan bahwa *Eucalyptus camaldealensis* dan *Helianthus annuus* sebagai fitoekstraksi Pb, Piyaporn et al., (2008) meneliti *Buddleja asiatica* yang ditanam di sekitar area tambang dengan penambahan pupuk “osmocote” mampu bertahan hidup 100% dan bersifat fitoekstraksi tetapi penelitian Ng, et al., (2016) bahwa pada *Pennisetum purpureum* bersifat fitostabilisasi untuk Pb. Sesan et al., (2013) bahwa akumulasi Pb tertinggi pada biji *Glycine max* L setelah pertumbuhan 12 minggu. Arisandy et al., (2012) melaporkan bahwa akumulasi logam Pb tinggi pada bagian batang *Avekenia marina* dan pengamatan histologi terdapat kerusakan sel pada daun dan buah.

Penelitian fitoremediasi terdahulu yang berkaitan dengan fisiologi dan biokimia akibat akumulasi logam Pb antara lain Sharma (2009) melaporkan bahwa *Brachytheceium populeum* sebagai indikator kualitas lingkungan dengan analisis secara biokimia dan fisiologi. Shivhare and Sharma (2012) melaporkan bahwa logam Pb mempengaruhi perpanjangan akar tetapi menurunkan pembentukan tunas serta mempengaruhi biomassa tanaman dan perkecambahannya. Menurut Fernanda et al., (2008) logam Pb meningkatkan aktivitas glutathione peroksidase. Magdalena et al., (2016) melaporkan bahwa terjadi penebalan dinding sel pada sel-sel ujung akar.

Tabel 1.1. Penelitian terdahulu

No	Peneliti	Judul Penelitian	Kontaminan/ parameter dan konsentrasi	Jenis dan tipe tanaman	Hasil
1	R. Chandra, R. N. Bharagava, S. Yadav, and D. Mohan, 2009	Accumulation and distribution of toxic metals in wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) and Indian mustard (<i>Brassica campestris</i> L.) irrigated with distillery and tannery effluents, Journal of Hazardous Materials, vol. 162, no. 2-3, pp. 1514–1521, 2009.	(Cu, Cd, Cr, Zn, Fe, Ni, Mn, and Pb)	Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) terrestrial Indian mustard (<i>Brassicacamp estris</i> L.) terrestrial	Analisis sampel tanaman telah menunjukkan Akumulasi Fe diikuti oleh Mn dan Zn di akar > tunas > daun > biji. peningkatan pigmen fotosintesis adalah diamati antara 30 dan 60 hari sementara kandungan protein ditemukan antara 60 dan 90 hari dari masa pertumbuhan di kedua tanaman.
2	Sharma. 2009	Study on impact of heavy metal accumulation in <i>Brachytheceium populeum</i> (Hedw.) B.S.G, Ecological Indicators, vol. 9, no. 4, pp. 807–811, 2009.	Fe, Zn, Pb, Cu, Ni, Cr dan Mn	<i>Brachytheceium populeum</i> terrestrial	Analisis biokimia dan fisiologis <i>B. populeum</i> dapat berfungsi sebagai indikator/monitor untuk kualitas lingkungan daerah manapun, dasar informasi ini diambil untuk meningkatkan kualitas udara kualitas
3	T. Vamerali, M. Bandiera, L. Coletto, F. Zanetti, N. M. Dickinson, and G. Mosca, 2009	“Phytoremediation trials on metal and arsenic-contaminated pyrite wastes (Torviscosa, Italy), Environmental Pollution, vol. 157, no. 3, pp. 887–894, 2009	As, Co, Cu, Pb, and Zn	<i>Populus alba</i> , <i>Populus nigra</i> , <i>Populus tremula</i> and <i>Salix alba</i> terrestrial	Konsentrasi logam di akar lebih tinggi daripada di atas tanah, akumulasi tertinggi di <i>P. nigra</i> dan <i>S. alba</i> . konsentrasi tertinggi Cu dan Zn berada di <i>S. alba</i> . konsentrasi As, Cu, Pb, dan Zn <i>Salix alba</i> di daun. Penyerapan logam secara signifikan lebih tinggi di <i>P. alba</i> daripada di <i>S. alba</i> ; <i>P. alba</i>
4	Amin Mojir. 2011	The potential of corn (<i>Zea mays</i>) for phytoremediation of soil contaminated with cadmium and lead. J. Biol. Environ Sci., 2011, 5(13) 17-22	Cd dan Pb. Percobaan rumah kaca selama 60 hari	<i>Zea mays</i> terrestrial	Konsentrasi Pb dalam tanah menurun sekitar 39,2% - 40,9%. Akumulasi Pb dan Cd di akar > tunas. <i>Zea mays</i> efektif sebagai fitoremediator pada tanah yang terkontaminasi Pb dan Cd

5	Ahmed k Salama, Khaled A osman, and Neama Abdul Gouda. 2016	Remediation of lead and cadmium-contaminated soils. International Journal of Phytoremediation Volume 18, 2016 – P .364-367	Pb dan Cd Percobaan dalam pot selama 60 hari	<i>Lolium multiflorum</i>	Timbal dan kadmium ditransfer ke tanaman sebesar 51,39, dan 74,57%, setelah 60 hari. Indeks Transfer tanah-tanaman di akar dan tunas menjadi 0,32 dan 0,20 untuk Pb, dan 0,50 dan 0,25 untuk Cd. Temuan ini mengindikasikan bahwa <i>Lolium multiflorum</i> adalah akumulator baik untuk Cd daripada Pb Transfer dari tanah-tanaman bahwa mekanisme menggunakan tanaman diselidiki adalah “phytoextraction”
6	Li X, Cen H, Chen Y, Xu S, Peng L, Zhu H, Li Y. 2016.	Physiological analyses indicate superoxide dismutase, catalase, and phytochelatins play important roles in Pb tolerance in <i>Eremochloa ophiuroides</i> . International Journal of Phytoremediation. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26368658 2016;18(3):251-60	Pb percobaan dalam pot	<i>Eremochloa ophiuroides</i>	Stes logam Pb meningkatkan ROS, aktivitas antioksidan (SOD dan katalase) berperan dalam toleransi terhadap logam Pb. Akumulasi Pb di akar lebih tinggi daripada di tunas.
7	Subhashini1, A. Swamy. 2013	Phytoremediation of Pb and Ni Contaminated Soils Using <i>Catharanthus roseus</i> (L.) Journal of Environmental Research and Technology Volume 3, Issue 4: 465-472	Pb dan Ni masing-masing 1000 ppm Percobaan dalam pot selama 60 hari	<i>Catharanthus roseus</i> (L).	Tanaman <i>Catharanthus roseus</i> mengakumulasi kedua logam. Pada hari ke 20 konsentrasi timbal tinggi di akar dan rendah daun. sementara di batang itu 67,31 mg / kg biomassa . Tidak ada mengubah akumulasi timbal dalam daun setelah hari ke-40 . konsentrasi batang meningkat menjadi 68,09 mg / kg dan Konsentrasi akar meningkat menjadi 88,74 mg / kg biomassa. Pada hari ke-60 hanya perubahan minimum adalah diamati pada daun, batang dan akar, disimpulkan akumulasi di akar lebih tinggi dibandingkan dengan batang dan daun .

8	Stephen J. Coupe1, Khaled Sallami and Eshmaiel Ganjian. 2013	Phytoremediation of heavy metal contaminated soil using different plant species. African Journal of Biotechnology Vol. 12(43), pp. 6185-6192	Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Percobaan dalam pot selama 8 minggu	<i>Eucalyptus camaldealensi</i> , <i>Medicago sativum</i> , and <i>Brassica juncea</i>	Urutan konsentrasi logam di tanah pinggir jalan di situs ini, Pb> Zn> Cu> Cr. Akumulasi Pb, Zn, Cu, Cr dalam <i>B. juncea</i> , <i>M. sativum</i> dan <i>E. camaldealensi</i> tumbuh pada tanah yang terkontaminasi Pb. akumulasi Pb, Zn, Cu, dan Cr dalam jumlah yang berbeda secara signifikan dalam tunas dan akar. <i>E. camaldealensi</i> cocok untuk phytoextraction Pb dan Zn, sedangkan dan <i>B. juncea</i> yang cocok untuk phytostabilization Cu dan Cr
9	Sesan Abiodun Aransiola, Udem Joshua Josiah Ijah, and Olabisi Peter Abioye. 2013	Phytoremediation of Lead Polluted Soil by Glycine max L. Applied and Environmental Soil Science Volume 2013 (2013),	(Pb (NO ₃) ₂), Percobaan dalam pot selama 12 minggu	<i>Glycine max</i> L. (soyabean)	<i>Glycine max</i> L. berpotensi untuk memulihkan tanah yang terkontaminasi Pb. Tanaman ini umumnya memiliki akumulasi tertinggi Pb di bijinya setelah 12 minggu remediasi, efisiensi tanaman ini dalam membersihkan tanah yang terkontaminasi berada di tahap akhir pertumbuhannya . Oleh karena itu , tanaman ini , bila digunakan untuk memulihkan tanah logam terkontaminasi, harus dipanen setelah 12 minggu dan benih ditanam kembali untuk siklus lain dari proses pembersihan
10	K. R. Arisandy , E. Y. Herawati1, E. Suprayitno . 2012	Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan <i>Avicennia marina</i> (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. Jurnal Penelitian Perikanan 1(1) (2012) 15-25, online at www.jpp.ub.ac.id	Cd dan Pb	<i>Avicennia marina</i> (forsk.) Vierh	Kandungan logam berat Timbal (Pb) pada jaringan <i>A. marina</i> menunjukkan bahwa akumulasi tertinggi terdapat pada bagian batang di komposisi sedimen di muara sungai Kebon Agung Liat 71%, Debu 28%, Pasir 1% yaitu sebesar 5,890 ppm, pengamatan histologi akar, kulit batang,

					daun dan buah <i>A. marina</i> menunjukkan ada sedikit perbedaan pada sel. Kerusakan sel terjadi pada jaringan daun dan buah, tetapi tidak terjadi pada jaringan akar dan kulit batang. Hal ini diduga disebabkan karena logam berat Timbal (Pb) terikat pada Fitokelatin yang merupakan protein, dan kandungan protein pada daun dan buah cukup banyak.
11	Ratna Juwita Arisusanti, Kristanti Indah Purwani .2013	Pengaruh <i>Mikoriza Glomus fasciculatum</i> terhadap Akumulasi Logam Timbal (Pb) pada Tanaman <i>Dahlia pinnata</i> dalam. Jurnal Sains Dan Seni Pomits Vol. 2, No.2, (2013)	Pb, Percobaan dalam pot selama 3 bulan	<i>Dahlia pinnata</i>	dosis 25g mikoriza <i>Glomus fasciculatum</i> berpengaruh nyata dalam meningkatkan efisiensi serapan Pb pada tanaman dahlia serta meningkatkan akumulasi logam Pb pada akar tanaman dahlia dan menghambat akumulasi Pb pada batang dan daun.
12	Sewalem Nasser, Elfeky Soad and Elshintinawy Fatma .2014	Phytoremediation Of Lead and Cadmium Contaminated Soils Using Sunflower Plant. <u>Journal of Stress Physiology & Biochemistry</u>	Cd (CdCl ₂) dan Pb (Pb (NO ₂) ₃) percobaan dalam pot selama 4 minggu	<i>Heliantus annuus</i>	efek dari Cd lebih kuat pada akar, sedangkan efek Pb lebih kuat pada tunas bibit bunga matahari. Pada tingkat fisiologis, efek Cd menyebabkan rendahnya tingkat peroksidasi lipid dan kebocoran membran dengan berkurangnya fotosintesis yang terkena dampak dalam daun bibit bunga matahari dibandingkan dengan efek Pb total Cd diserap (88,84%) yang terakumulasi di akar, sedangkan jumlah yang tinggi dari total diserap Pb (71,39) telah tranlokasi ke tunas bibit bunga matahari. Tanaman bunga matahari dapat memulihkan tanah Cd terkontaminasi melalui " <i>phytostabilization</i> ", pemulihan tanah yang terkontaminasi Pb melalui " <i>phytoextraction</i> ".

13	Jenny Caroline1, Guido Arron Moa 2015	Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (<i>Echinodorus Palaefolius</i>) Pada Limbah Industri Peleburan Tembaga Dan Kuningan . Prosiding <i>Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015</i>	Pb, percobaan di pot selama 18 hari	Tanaman Melati Air (<i>Echinodorus Palaefolius</i>)	Tanaman menyerap logam timbal dari reactor limbah sebesar 4,87 mg/kg dengan persentase penyisihan 81,72% dan dari reaktor kontrol sebesar 6,38 mg/kg dengan persentase penyisihan 86,05%. Efisiensi penyerapan tertinggi pada reaktor limbah sebesar 55,97% sedangkan reaktor kontrol sebesar 0%.
14	Shuang Cui, Tingan Zhang, Shanlin Zhao, Ping Li, Qixing Zhou, Qianru Zhang, and Qing Han, 2013	Evaluation of three ornamental plants for phytoremediation of Pb-contaminated soil International Journal of Phytoremediation. 2013;15(4):299-306.	Pb, percobaan di pot selama	<i>Quamolit pennata</i> , <i>Antirrhinum majus</i> L dan <i>Celosia cristata pyramidalis</i>	Konsentrasi Pb di tanah dan faktor translokasi Pb (konsentrasi dalam tunas / akar) dari tanaman ini adalah terutama <1. Namun, konsentrasi Pb di tunas <i>Celosia cristata pyramidalis</i> lebih tinggi dari 1000 mg kg ⁻¹ , konsentrasi ambang batas untuk Pb-hiperakumulator. biomassa tunas <i>Celosia cristata pyramidalis</i> tidak signifikan (p <0,05) dengan kontrol. Berdasarkan hasil ini, hanya <i>Celosia cristata pyramidalis</i> dapat diidentifikasi sebagai Pb-akumulator
15	Kurniawati L, Syamsidar HS, Kurnia Ramadani .2016	Fitoremediasi Logam Kadmium (Cd) Dari Asap Rokok Menggunakan Tanaman Puring (<i>Codiaeum Variegatum</i> . Al-Kimia Volume 4 Nomor 1 2016	(Cd (NO3)2) percobaan di pot selama 2 bulan Pengasapan selama 9 hari	<i>Codiaeum variegatum</i> (Puring)	Konsentrasi maksimum penyerapan kadmium (Cd) oleh tanaman puring sebesar 1,065 mg/Kg yang terjadi pada hari ke-9. Tanaman puring (<i>Codiaeum variegatum</i>) tidak termasuk tanaman hiperakumulator untuk logam kadmium (Cd) karena hanya mampu menyerap logam kadmium (Cd) sebesar 1,065 mg/Kg dalam 0,002 Kg sampel kering pada asap rokok jenis non filter. Tanaman puring (<i>Codiaeum variegatum</i>) mampu mengakumulasi kadmium (Cd). Semakin banyak tanaman

					yang ditanam akan membantu menurunkan emisi logam berat di udara.
16	Shivhare L, Sharma S (2012)	Effect of Toxic Heavy Metal Contaminated Soil on an Ornamental Plant <i>Georgina wild</i> (Dahlia). J Environ Anal Toxicol 2:156.	Ni dan Pb. Percobaan dalam pot selama 45 hari	Plant <i>Georgina wild</i> (Dahlia).	Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi tinggi timbal dan nikel mempengaruhi pertumbuhan tanaman dimana perpanjangan akar dan tunas menurun karena konsentrasi logam berat meningkat. Tunas Dahlia lebih toleran dari akar dan biomassa serta perkecambahan biji juga dipengaruhi oleh nikel dan toksisitas timbal diatas konsentrasi normal.
17	Pangesti Nugrahani, 2012	Glutation dan APTI Sebagai Indikator Fitoremediasi Dan Toleransi Tanaman Puring (<i>Codiaeumv variegatum</i>) Terhadap Bahan Pencemar Udara Sulfur Dioksida	Paparan gas SO ₂	<i>Codiaeum variegatum L</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada korelasi positif yang nyata antara glutathione dan APTI, tapi tidak ada hubungan antara potensi fitoremediasi tanaman untuk polusi udara dan toleransi tanaman untuk polusi udara SO ₂ , tanaman memberikan sinyal pertahanan terhadap ke polutan SO ₂ udara oleh penyesuaian tingkat glutathione. Tiga variabel yang memberikan pengaruh yang kuat pada nilai APTI adalah glutathione, klorofil, dan kandungan air relative
18	Ranko Dragović, Bojan Zlatković ¹ , Snežana Dragović, Jelena Petrović, dan Ljiljana Janković Mandić 2014	Accumulation of heavy metals in different parts of Russian thistle (<i>Salsola tragus</i> , Chenopodiaceae), a potential hyperaccumulator plant species dalam Biologica Nyssana 5 (2) December 2014: 83-90	Cd, Co, Cr, Pb, Fe, Ni, Cu, dan Zn	<i>Salsola tragus</i>	Menurut kemampuannya untuk mengakumulasi beberapa logam berat, <i>S. tragus</i> dapat mewakili model yang menarik dari fitoremediasi atau biomonitoring. Serapan Cd, Co, Cr, dan Pb dari tanah dan membuat akumulasi signifikan di bagian atas tanaman. Distribusi dan akumulasi logam berat tidak sama di seluruh bagian tanaman. Perbedaan konsentrasi logam berat

					antara tanah dan bagian atas tanaman sebagian besar ditentukan oleh konsentrasi Mn, Zn dan V. Tingkat Mn dan Zn lebih tinggi di bagian hijau dari tanaman, sedangkan konsentrasi V lebih tinggi di akar. Korelasi positif ditentukan antara konsentrasi Pb, Fe dan Ni dalam akar dan konsentrasi mereka di bagian atas tanaman.
19	Lorestani B , Yousefi N, Cheraghi M, Farmany A. . 2013.	Phytoextraction And Phytostabilization Potential of Plants Grown in The Vicinity of Heavy Metal-Contaminated Soils: A Case Study at An Industrial Town Site. Dalam journal Environ Monit Assess. 2013 Dec;185(12):10217-23.	Pb, Fe, Mn, Cu, and Zn	<i>Salsola soda</i> , <i>Cirsium arvense</i>	Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa <i>Salsola soda</i> adalah spesies yang paling efektif untuk phytoextraction dan phytostabilization dan <i>Cirsium arvense</i> memiliki potensi untuk phytostabilization logam berat
20	Sidauruk Lamria Dan Patricius Sipayung . 2015	Fitoremediasi Lahan Tercemar Di Kawasan Industri Medan Dengan Tanaman Hias dalam Jurnal Pertanian Tropik Vol.2, No.2. Agustus 2015. (22): 178- 186	Percobaan menggunakan pot di rumah kaca selama 3 bulan	<i>Diffenbachia sp.</i> diikuti oleh <i>Codiatum variegatum</i> , <i>Chrysalidocarpus lutescens</i> , <i>Sansevieria trifasciata</i> dan <i>Dracaena fragrans</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan produksi biomassa terbesar terdapat pada tanaman <i>Diffenbachia sp.</i> diikuti oleh <i>Codiatum variegatum</i> , <i>Chrysalidocarpus lutescens</i> , <i>Sansevieria trifasciata</i> dan <i>Dracaena fragrans</i> . Serapan logam berat paling tinggi terdapat pada tanaman <i>Codiatum variegatum</i> (291 mg / kg) diikuti oleh <i>Diffenbachia sp.</i> (246 mg / kg), <i>Chrysalidocarpus</i> . <i>Diffenbachia sp.</i> <i>Codiatum variegatum</i> dan <i>Chrysalidocarpus lutescens</i> adalah tanaman hias potensial sebagai hyperakumulator untuk logam berat di kawasan industri
21	C. C. Ng, S. H.	Phyto-Assessment of Soil Heavy	Cd, Pb, Cu, dan Zn	Vetiver (V.	Ketiga rumput menunjukkan secara

	Law1, N. B. Amru1, M. R. Motior, and B. A. Mhd Radzi3 .2016	Metal Accumulation InTropical Grasses. The Journal of Animal & Plant Sciences, 26(3): 2016	percobaan dalam pot di rumah kaca selama 60 hari	<i>zizanoides</i>), Imperata (<i>I. cylindrical</i>) and Pennisetum (<i>P.purpureum</i>)	signifikan lebih tinggi (p <0,05) akumulasi total logam berat dalam perlakuan dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Akumulasi sangat tinggi dari Cd (93,08 ± 3,81 mg / kg) dan Zn (1284,00 ± 234,83 mg /kg) dari kedua alang-alang dan Pennisetum. Kecenderungan keseluruhan akumulasi logam berat untuk tiga rumput mengikuti urutan Zn> Pb> Cd> Cu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik alang-alang dan Pennisetum “phytoextractors” potensi Zn serta “phytostabilizers” untuk Cd, Pb dan Cu
22	Hazrat Ali, Muhammad Naseer, Muhammad Anwar Sajad. 2012	Phytoremediation of heavy metals by <i>Trifolium alexandrinum</i> International Journal of Environmental Sciences Volume 2, No 3, 2012.	CdCl ₂ .2 ½ H ₂ O, Pb as Pb (NO ₃) ₂ , Cu as CuSO ₄ .5 H ₂ O, and Zn as ZnSO ₄ .7 H ₂ O. percobaan dalam pot di rumah kaca selama 98 hari	<i>Trifolium alexandrinum</i>	Fitoremediasi Cd, Pb, Cu, dan Zn oleh <i>Trifolium alexandrinum</i> , nilai-nilai faktor biokonsentrasi akar <i>T. alexandrinum</i> untuk Zn, Pb, Cu dan Cd masing-masing 4,242, 1,544, 1,071, dan 0,604
23	Fernanda F. Caregnato, Claudia E. Koller, Geoff R. MacFarlane, José C.F. Moreira .2008	The glutathione antioxidant system as a biomarker suite for the assessment of heavy metal exposure and effect in the grey mangrove, <i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh. Marine Pollution Bulletin 56 (2008) 1119–1127	Zn, Cu dan Pb pengamatan lapangan selama8 minggu	<i>Avicennia marina</i>	Hasil dari penelitian lapangan bahwa peningkatan konsentrasi logam di daun (Zn, Cu dan Pb) menghasilkan peningkatan proporsional dalam kegiatan glutathione peroxidase sedangkan hidroperoksida lipid dan glutathione tidak terpengaruh. Kemampuan glutathione peroxidase sebagai biomarker, karena aktivitas glutathione peroxidase meningkat tergantung dosis dalam menanggapi akumulasi logam pada daun, dan pertumbuhan tanaman
24	Magdalena Krzeslowska ,	Pectinous cell wall thickenings formation e A common defense	Pb	Arabidopsis, hybrid aspen,	Timbal (Pb)salah satu logam berat paling melimpah dan berbahaya yang

	Irena Rabeda, Aneta Basi_nska , Michał Lewandowski , Ewa J. Mellerowicz , Anna Napieralska , Sławomir Samardakiewicz , Adam Wo_zny . 2016	strategy of plants to cope with Pb. Environmental Pollution. volume 214 July 2016, 214:354-361		star duckweed	mempengaruhi organisme hidup, keberagaman yang toleran, ekotipe pertumbuhan dan hyperaccumulators Pb umumnya terdeteksi pada dinding sel tumbuhan. spesies tanaman berbeda (Arabidopsis, hybrid aspen, star duckweed), terjadi penebalan dinding sel yang sama dalam menanggapi Pb.
25	Abolghasem Saghii , Mohammad Hassan Rashed Mohassel , Mahdi Parsa , H. Hammami, 2016	Phytoremediation of lead-contaminated soil by <i>Sinapis arvensis</i> and <i>Rapistrum rugosum</i> . Internasional Journal of Phytoremediation, Volume (18), No (4) Tahun 2016 (5) P. 387-392	timbal oksida (PbO) termasuk 0 (kontrol), 100, 200, 300, 400, dan 500 mg Pb per 1 kg tanah Percobaan dalam pot	<i>Sinapis arvensis</i> and <i>Rapistrum rugosum</i>	Meningkatnya konsentrasi Pb, pada berat kering <i>R. rugosum</i> dan <i>S. arvensis</i> tidak menurun secara signifikan. Dalam kedua spesies, konsentrasi Pb lebih tinggi di akar daripada tunas. Secara umum, <i>S. arvensis</i> menyerap Pb lebih tinggi dibandingkan dengan <i>R. rugosum</i> . Tingginya potensi <i>R. rugosum</i> dan <i>S. arvensis</i> dalam penyerapan Pb dari tanah yang terkontaminasi. Untuk kedua spesies, hubungan linear positif diamati antara konsentrasi Pb dalam tanah dan akar. Meskipun kedua uji spesies memiliki kemampuan rendah dalam translokasi Pb dari akar ke tunas tapi menunjukkan kemampuan tinggi dalam serapan Pb oleh akar. tanaman ini yang tepat untuk menggunakan teknologi fitoremediasi
26	Matilda Đukić, Danijela	The influence of cadmium and lead on <i>Ulmus pumila</i> . seed germination	Cd (NO ₃) ₂ and Pb (NO ₃) ₂ , 20 μM, 50 μM and 90	<i>Ulmus pumila</i> L. (Siberian	Cd menghambat panjang hipokotil, tapi tidak panjang dari radikula. Pb tidak

	Dunisijević-Bojović and Slađana Samuilov .2014	and early seedling growth. <i>Arch. Biol. Sci.</i> , Belgrade, 66 (1), 253-259, 2014	μM , Percobaan dalam germinator	Elm).	mempengaruhi panjang hipokotil dan merangsang panjang radikula signifikan (95%). <i>U. pumila</i> toleransi terhadap Cd dan Pb dan tahan terhadap cekaman abiotik dan biotik sehingga dapat digunakan untuk fitoremediasi atau reklamasi tanah
--	--	--	--	-------	--



SEKOLAH PASCASARJANA

Li, et al (2016) melaporkan bahwa stres logam Pb meningkatkan spesies oksigen aktif (ROS), aktivitas antioksidan *Eremochloa ophiuroides*. Arisusanti et al., (2013) meneliti penambahan mikoriza pada *Dahlia pinnata* dapat meningkatkan efisiensi logam Pb dan akumulasi tertinggi pada akar.

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan terdahulu, diketahui belum ada penelitian fitoremediasi tanah yang tercemar timbal dengan tanaman hias *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* secara morfologi, biokimia dan fisiologi, sehingga orsinalitas penelitian ini adalah meninjau mekanisme, kinerja fitoremediasi, pertumbuhan, fisiologi dan biokimia tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* dalam tanah yang tercemar Pb.

Kebaruan dalam penelitian adalah mekanisme dan kinerja fitoremediasi tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* dengan rincian sebagai berikut:

1. *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* merupakan bioakumulator potensial baik di tanah lempung maupun di tanah liat berdebu
2. Mekanisme fitoremediasi *Cordyline fruticosa* adalah fitoekstraksi di tanah lempung
3. Mekanisme fitoremediasi *Cordyline fruticosa* adalah fitostabilisasi di tanah liat berdebu
4. Mekanisme fitoremediasi *Codiaeum variegatum* adalah fitoekstraksi di tanah lempung dan di tanah liat berdebu
5. *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* toleran timbal baik di tanah lempung maupun liat berdebu

D. Tujuan Penelitian

Tujuan Umum

Menganalisis efektivitas tanaman hias *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* sebagai fitoremediator logam timbal.

Tujuan Khusus

Penelitian ini memiliki tujuan khusus sebagai berikut:

1. Menguji pengaruh timbal terhadap pertumbuhan tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum*
2. Menganalisis kemampuan tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* dalam mengakumulasi timbal
3. Menganalisis kemampuan tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* dalam mentranslokasikan timbal
4. Menganalisis indeks toleransi timbal tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum*
5. Menganalisis pengaruh paparan timbal terhadap kadar klorofil tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum*
6. Menganalisis pengaruh paparan timbal terhadap aktivitas enzim antioksidanz tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum*
7. Memformulasikan aplikasi rancangan fitoremediasi tanaman *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* pada lapangan

E. Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tentang fitoremediasi logam berat serta potensi *Cordyline fruticosa* dan *Codiaeum variegatum* sebagai fitoremediator logam timbal .
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan implementasi bagi kebijakan dalam Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup sebagaimana diamanatkan dalam UU Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Pasal 13 ayat 2 dan Pasal 54 ayat 2 yaitu *Pengendalian pencemaran dan / atau kerusakan lingkungan hidup meliputi a. pencegahan b. penanggulangan dan c. pemulihan. Pemulihan fungsi lingkungan hidup dilakukan dengan tahapan: a. penghentian sumber pencemaran dan pembersihan unsur pencemar; b. remediasi; c. restorasi dan d. cara lain yang sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.*

SEKOLAH PASCASARJANA