

Pemanfaatan Tanaman Hias sebagai Agen Fitoremediasi untuk Mengurangi Kontaminasi Timbal (Pb) di Wilayah Perkotaan Indonesia

Utilization of Ornamental Plants as Phytoremediation Agents to Reduce Lead (Pb) Contamination in Urban Area

Fadhilatul Laela^{1*)}, SD. Ammurabi²

¹Program Studi Agroteknologi, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur,
Surabaya, Jawa Timur 60294, Indonesia

²Direktorat Jenderal Prasarana & Sarana Pertanian, Kementerian Pertanian,
DKI Jakarta 12540, Indonesia

³UPT PSHP, Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur,
Jawa Timur 61256, Indonesia

^{*)}Penulis untuk korespondensi: fadhilatul.laela@gmail.com

Sitasi: Laela, F., & Ammurabi, S.D. (2024). Utilization of Ornamental Plants as Phytoremediation Agents to Reduce Lead (Pb) Contamination in Urban Area. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-12 Tahun 2024, Palembang 21 Oktober 2024. (pp. 48–58). Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

ABSTRACT

Lead (Pb) is one of common heavy metal pollutant that produced from human activities. Lead pollution produced from fuel, mining activities, fertilizer, pesticides application, and industrial activities that contribute to urban pollution level. Lead concentration in soil cause health problems such as digestive disorders, kidney disease, anemia, and decrease of intelligent quotient (IQ) score. High concentration of blood lead level caused negative health impacts such as increase of cardiovascular diseases, kidney failure, blood anemia, loss of vision, and bones impair development. Recent science development has given us several alternatives to reduce lead contamination in water and soil, one of which is phytoremediation. Phytoremediation is a process of soil and water decontamination from hazardous substances with plants. Ornamental plants become alternative method of lead phytoremediation because it is unconsumed by human and animals as well as served decorative function. In this paper, various ornamental plant species that show a high capacity to tolerate, accumulate, and improve contaminated soil of lead will be described. Plants with lead phytoremediation abilities could become solution for urban green space utilization in Indonesia. The purpose of this paper was to determine the types of ornamental plants that can be used as phytoremediators for lead (Pb) contamination in urban areas and to determine the mechanism process.

Keyword: heavy metals, pollutant, remediation, species, toxic

ABSTRAK

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat pencemar umum yang dihasilkan oleh aktivitas manusia. Pencemaran timbal dihasilkan dari bahan bakar, aktivitas penambangan, penggunaan pupuk dan pestisida, serta aktivitas industri yang turut berkontribusi pada tingkat pencemaran wilayah perkotaan. Adanya kandungan timbal di dalam darah secara berlebihan menimbulkan berbagai dampak kesehatan seperti menurunnya tingkat kecerdasan intelektual (IQ), meningkatnya resiko penyakit kardiovaskular, gagal ginjal, anemia, menurunnya penglihatan, dan menghambat pertumbuhan tulang, Ilmu pengetahuan

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

yang telah berkembang pesat telah memberikan kita beberapa alternatif untuk mengurangi kontaminasi timbal pada air dan tanah, salah satunya melalui fitoremediasi. Fitoemediasi merupakan proses dekontaminasi air dan tanah dari senyawa yang berbahaya dengan menggunakan tanaman. Tanaman hias menjadi alternatif dalam fitoremediasi timbal karena tidak dikonsumsi oleh manusia dan hewan serta memiliki manfaat dekoratif pada tanaman. Dalam makalah ilmiah ini, akan dijelaskan berbagai spesies tanaman hias yang menunjukkan kapasitas tinggi dalam mentoleransi dan mengakumulasi logam berat Timbal (Pb), serta memperbaiki tanah dan air di wilayah perkotaan yang terkontaminasi timbal. Tanaman-tanaman yang memiliki kemampuan fitoremediasi timbal dapat menjadi solusi bagi pemenuhan kebutuhan ruang terbuka hijau perkotaan di Indonesia. Tujuan penulisan karya ilmiah ini untuk mengetahui jenis tanaman hias yang dapat digunakan sebagai fitoremediator cemaran timbal (Pb) di perkotaan dan mengetahui mekanisme prosesnya.

Kata kunci: beracun, logam berat, pencemar, remediasi, spesies

PENDAHULUAN

Polusi logam berat yang diakibatkan oleh limbah industri, pupuk kimia, dan pestisida menyebabkan pencemaran yang serius karena tidak dapat terurai secara alami dan terakumulasi di alam. Polusi logam berat adalah masalah global, meskipun tingkat keparahannya di berbagai tempat berbeda-beda. Setidaknya terdapat 20 logam yang telah diklasifikasikan sebagai limbah beracun. Apabila logam tersebut dilepaskan ke lingkungan akan menimbulkan risiko besar bagi kesehatan manusia (Ashraf *et al.*, 2019). Cemaran logam berat yang banyak ditemukan seperti Cd, Pb, Co, Zn dan Cr memiliki sifat fitotoksik pada konsentrasi rendah maupun tinggi. Apabila logam ini berada pada sedimen, maka akan mencapai rantai makanan melalui tumbuhan dan hewan air. Meskipun dalam jumlah kecil sebagian logam dapat menutrisi tanaman, tetapi dalam jumlah besar dapat menyebabkan toksisitas akut atau kronis. Timbal merupakan salah satu logam berat beracun yang memiliki kemampuan untuk mempengaruhi seluruh rantai makanan, serta mengganggu sistem kesehatan manusia, hewan dan mikroorganisme (Sukono *et al.*, 2020). Aktivitas pertambangan, industri, penggunaan pupuk dan pestisida, serta transportasi turut menghasilkan residu berupa logam berat yang menimbulkan pencemaran tanah, air, dan udara. Salah satu cemaran logam berat yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia adalah timbal (Pb) (Raj & Das, 2023).

Remediasi merupakan proses dekontaminasi air dan tanah dari senyawa yang berbahaya, seperti hidrokarbon, poliaromatik hidrokarbon (PAH), *persistant organic pollutant* (POP), logam berat, pestisida, dan lain-lain. Proses remediasi yang menggunakan mikroorganisme dikenal sebagai bioremediasi. Bioremediasi adalah proses penguraian limbah organik/anorganik dengan menggunakan organisme (bakteri, fungi, tanaman atau enzimnya) untuk mengendalikan pencemaran menjadi suatu bahan yang tidak berbahaya atau konsentrasinya di bawah batas yang ditentukan oleh lembaga berwenang (Puspitasari, 2016).

Fitoremediasi adalah istilah umum yang digunakan untuk menggambarkan berbagai mekanisme pada tanaman hidup untuk mengubah komposisi kimia dari tanah tercemar. Pada dasarnya, fitoremediasi adalah penggunaan tanaman hijau untuk membersihkan tanah, sedimen, atau air yang terkontaminasi. Keuntungan metode ini terletak pada biayanya yang lebih murah bila dibandingkan dengan metode-metode lainnya (Sidauruk dan Sipayung, 2015). Fitoremediasi adalah sebuah teknologi yang inovatif, ekonomis, dan relatif aman terhadap lingkungan. Fitoremediasi dapat menjadi solusi untuk menetralkan lokasi yang tercemar logam berat dalam skala yang luas. Aspek penting yang perlu diperhatikan adalah

tanaman yang digunakan untuk remediasi tidak boleh dikonsumsi. Oleh karena itu, penggunaan tanaman hias untuk meremediasi tanah merupakan solusi yang tepat. Tujuan dari penulisan makalah ini adalah untuk mengetahui jenis-jenis tanaman hias yang dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi cemaran timbal (Pb) di perkotaan serta untuk mengetahui mekanisme prosesnya.

PERMASALAHAN PENCEMARAN TIMBAL (PB) DAN DAMPAKNYA

Cemaran timbal (Pb) akibat aktivitas manusia

Pencemaran limbah banyak berasal dari bahan bakar minyak yang mengandung timbal. Meskipun pencemaran limbah akibat penggunaan bahan bakar sudah jauh berkurang, pencemaran limbah masih menjadi masalah di negara berpendapatan rendah dan menengah. Di negara berpendapatan rendah dan menengah, rata-rata kadar timbal dalam darah manusia mencapai 4,6 µg/dL (microgram/desiliter) berdasarkan kajian *Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study 2019*. Sementara itu, rata-rata kadar timbal darah di negara berpendapatan tinggi mencapai 1,3 µg/dL. Pencemaran timbal berhubungan dengan menurunnya tingkat kecerdasan intelektual (*intelligence quotient/IQ*) terutama pada anak di bawah 6 tahun serta meningkatnya risiko penyakit kardiovaskular pada orang dewasa di atas 25 tahun. Semakin besar kandungan timbal dalam darah, maka potensi dampak yang ditimbulkan akan semakin besar. (Larsen dan Sánchez-Triana, 2023).

Adanya residu timbal akibat aktivitas manusia dapat menyebabkan pencemaran terhadap tanah dan air. Menurut Haryanti *et al.*, (2013), ambang batas Pb dalam tanah adalah 12,75 mg/kg, sehingga jika kandungan logam berat Pb pada tanah melebihi ambang batas tersebut maka akan masuk ke dalam tubuh manusia. Proses masuknya cemaran timbal (Pb) ke dalam tubuh manusia dapat terjadi secara langsung melalui pemanfaatan air tanah dan tanaman, maupun secara tidak langsung melalui rantai makanan. Raj dan Das (2023) memperkirakan dampak ekonomi yang ditimbulkan akibat dampak kesehatan karena pencemaran timbal diperkirakan mencapai 6,9% dari total Produk Domestik Bruto (PDB) pada 2019. Selain itu, pencemaran timbal juga meningkatkan risiko anemia, gagal ginjal, menurunnya penglihatan, dan hambatan dalam perkembangan tulang.

Cemaran logam berat jenis timbal termasuk kategori berbahaya karena mengakibatkan perubahan bentuk dan ukuran sel darah merah. Pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014, Pb (timbal) pada limbah industri memiliki ambang batas 1 ppm. Sedangkan pada Peraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010, ambang batas cemaran Pb adalah 0,01 ppm (Irawanto, 2017). Adanya residu pestisida berupa timbal pada permukaan tanah menyebabkan masalah pada lingkungan dan kesehatan. Oleh karena itu, perlu dilakukan bioremediasi untuk mengurangi/menghilangkan cemaran lingkungan (Puspitasari, 2016).

BIOREMEDIASI, FITOREMEDIASI, SERTA MEKANISMENYA

Bioremediasi

Bioremediasi merupakan upaya pemulihan kondisi lingkungan dengan menggunakan aktivitas biologis mikroba untuk mendegradasi dan menurunkan toksisitas dari berbagai senyawa pencemar. Hal ini dikarenakan dalam mengatasi permasalahan lingkungan yang sama, bioremediasi diketahui lebih efektif dari segi pembiayaan dibandingkan dengan penerapan teknologi lainnya. Faktor-faktor yang memengaruhi efektifitas proses bioremediasi adalah faktor lingkungan, fisik, dan kimia. Faktor lingkungan meliputi suhu, pH, ketersediaan oksigen, nutrisi, dan kelembapan. Faktor fisik terdiri atas ketersediaan air,

kesesuaian jumlah mikroorganisme dengan senyawa pencemar, dan tersedianya akseptor yang sesuai. Sementara faktor kimia terdiri atas bentuk struktur kimia dari senyawa pencemar yang akan memengaruhi sifat fisik dan kimia pencemar tersebut (Vyatrawan, 2015).

Berdasarkan tempat berlangsungnya, terdapat dua macam teknik bioremediasi, yaitu:

- a. Bioremediasi *in-situ*: media tercemarnya dan zat pencemarnya tetap berada pada lokasi asalnya ketika proses bioremediasi dilakukan.
- b. Bioremediasi *ex-situ*: media tercemar dan zat pencemarnya dipindahkan dari lokasi asal menuju ke tempat lain, yaitu tempat dimana akan dilakukan proses bioremediasi.

Metode bioremediasi dalam penanggulangan pencemaran timbal dianggap sebagai metode yang ramah lingkungan dan tidak memiliki efek samping berarti terhadap tanah dan air. Bioremediasi dapat dilakukan melalui mikroorganisme, cendawan/jamur, ganggang/alga maupun tanaman yang dapat mendetoksifikasi timbal dalam tanah dan air (*bio-leaching*) (Raj & Das, 2023).

Fitoremediasi

Istilah umum fitoremediasi berasal dari bahasa Yunani yaitu *phyto* (tumbuhan), yang dilekatkan pada akar bahasa Latin *remedium* (untuk memperbaiki atau menghilangkan kejahatan) (Ali *et al.*, 2013). Fitoremediasi menggunakan tumbuhan untuk membersihkan pencemaran di lingkungan. Tanaman dapat membantu membersihkan berbagai jenis polusi termasuk logam, pestisida, bahan peledak, dan minyak. Tanaman juga membantu mencegah angin, hujan, dan air tanah membawa polutan dari lokasi ke area lain (Antoniadis *et al.*, 2017).

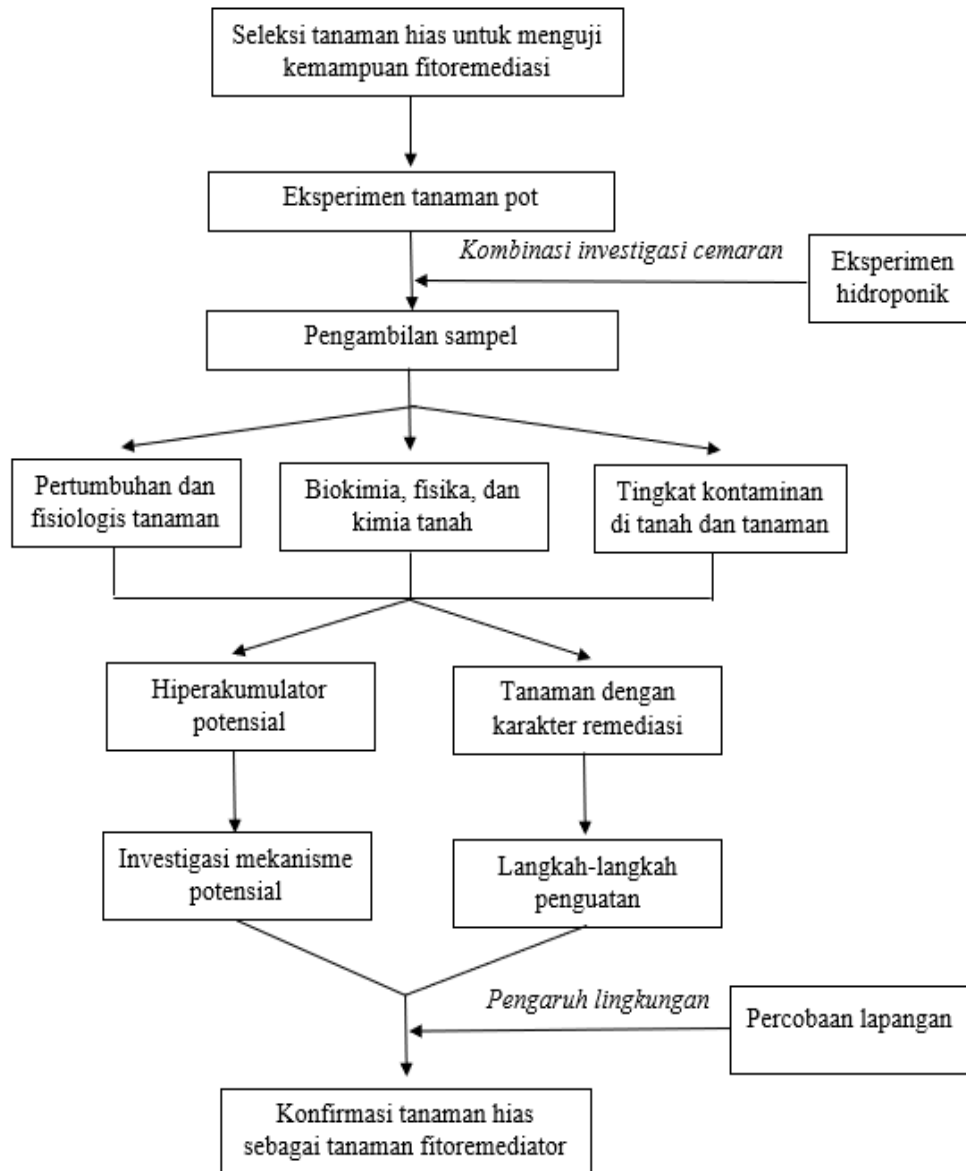
Selama setidaknya 300 tahun, kemampuan tanaman untuk menghilangkan kontaminan dari lingkungan telah dikenali dan dimanfaatkan dalam aplikasi seperti pengolahan limbah di lahan. Seiring waktu, penggunaan tanaman ini telah berkembang menjadi Pembangunan pengolahan lahan basah atau bahkan penanaman pohon untuk menangkal polusi udara. Dalam beberapa tahun terakhir, seiring dengan semakin meningkatnya pengakuan atas kerusakan yang diakibatkan di seluruh dunia dari dekade ekonomi industri dan penggunaan bahan kimia yang ekstensif, begitu pula minat untuk menemukan teknologi yang dapat mengatasi kontaminasi residual, di antaranya fitoremediasi (Sukono *et al.*, 2020).

Kandungan logam berat Pb pada tanah dan air dapat dikurangi dan dinetralkan dengan cara fitoremediasi. Teknik fitoremediasi dipilih sebagai upaya untuk memulihkan kualitas lingkungan yang tercemar dengan teknologi alami yang praktis, ekonomis, dan ramah lingkungan. Fitoremediasi merupakan bagian dari konsep teknologi alami yang memusatkan peran tumbuhan sebagai solusi penyelesaian permasalahan lingkungan, atau dikenal dengan istilah Fitoteknologi. Fitoremediasi umumnya menggunakan tumbuhan akuatik dalam lahan basah buatan sebagai pengolahan perairan dari pencemaran limbah cair. Tumbuhan akuatik memiliki berbagai macam manfaat di alam (Irawanto, 2017).

Mekanisme fitoremediasi cemaran logam berat

Metode fitoremediasi menggunakan tumbuhan dalam upaya pemulihan lingkungan. Alasannya, terdapat tumbuhan-tumbuhan tertentu yang mampu membuat zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi berkurang kadar cemarnya atau menjadi tidak berbahaya (Irawanto & Mangkoedihardjo, 2015). Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan terdiri atas tiga proses yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme (Irhamni *et al.*, 2017).

Salah satu syarat tanaman yang digunakan untuk fitoremediasi adalah tidak digunakan untuk keperluan konsumsi. Oleh karena itu, tanaman hias dapat menjadi solusi karena sebagian besar tanaman hias tidak dikonsumsi oleh manusia. Salah satu tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan fitoremediasi adalah mencari tanaman yang sesuai. Proses skrining tanaman hias untuk remediasi secara rinci dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses skrining tanaman hias untuk remediasi (Liu *et al.*, 2017)

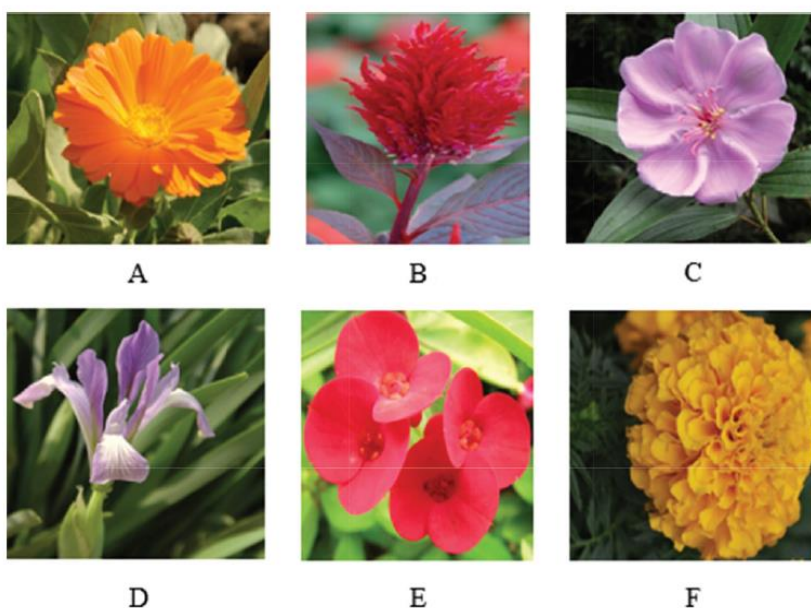
Terdapat beberapa cara yang dilakukan oleh tanaman fitoremediator untuk membersihkan dan memulihkan area yang terkontaminasi, diantaranya fitoekstraksi, rizofiltrasi, dan fitovolatilisasi. Penyerapan kontaminan tanaman terjadi melalui sistem akar, sebagai mekanisme utama untuk mencegah toksisitas. Sistem akar mempunyai luas permukaan yang sangat besar, sehingga dapat menyerap dan mengakumulasi air dan nutrisi penting untuk pertumbuhan, sekaligus menyerap kontaminan di tanah (Sukono *et al.*, 2020). Sidauruk dan Sipayung menjelaskan berbagai mekanisme fitoremediasi polutan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Proses dan mekanisme fitoremediasi polutan (Sidauruk & Sipayung, 2015)

Proses	Mekanisme	Kontaminan
Fitostabilisasi	Tanaman menstabilkan polutan dalam tanah, sehingga membuat mereka tidak berbahaya	Anorganik
Fitoekstraksi	Hiperakumulasi logam berat pada biomassa tanaman tinggi dengan cara mengumpulkan jaringannya, khususnya pada bagian tajuk tanaman yang diserap dari dalam tanah yang dipanen dengan metode pertanian konvensional	Anorganik
Fitofiltrasi atau Rhizofiltrasi	Akar tanaman tumbuh di air yang bercampur dengan endapan berkonsentrasi logam beracun yang tercemar limbah	Organik dan anorganik
Fitovolatilisasi	Tanaman menyerap logam dari tanah dan menguapkan logam tersebut melalui dedaunan	Organik dan anorganik
Fitotransformasi	Tanaman mendegradasi/mengubah bentuk/valensi dari polutan, sehingga tidak berbahaya atau memanfaatkannya sebagai unsur hara	Organik

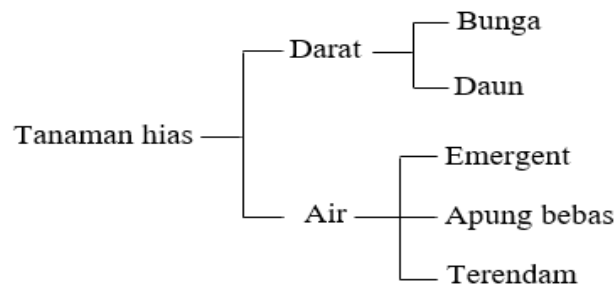
JENIS TANAMAN HIAS AGEN FITOREMEDIASI CEMARAN LOGAM BERAT

Tanaman hias biasanya sengaja ditanam untuk tujuan dekoratif di taman atau ruang terbuka hijau. Umumnya, tanaman hias yang dipilih memiliki ciri-ciri estetika yang menarik, seperti keindahan bunga, daun, aroma, tekstur dedaunan, buah, batang, kulit kayu, serta bentuk/bagian tumbuhan lainnya yang dianggap menarik secara estetika (Nakbanpote *et al.*, 2016). Meskipun penelitian mengenai teknologi fitoremediasi telah mengalami kemajuan pesat, namun penelitian mengenai teknologi remediasi dengan menggunakan tanaman hias masih tergolong baru. Oleh karena itu, masih diperlukan penelitian untuk memahami sifat tanaman hias yang digunakan pada remediasi tanah yang terkontaminasi. Perlu juga dipelajari penetapan metode seleksi untuk tanaman hias yang digunakan untuk remediasi. Selain itu, konfirmasi kemampuan remediasinya dan mekanisme terkait dari toleransi yang kuat terhadap tanaman, kontaminan, dan pengakuan atas penguatan langkah-langkah ramah lingkungan juga perlu dipelajari (Liu *et al.*, 2017). Beberapa jenis tanaman yang dapat digunakan untuk fitoremediasi logam berat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Beberapa jenis tanaman hias yang dapat digunakan untuk fitoremediasi logam berat. (A) *Calendula officinalis* (Marigold), (B) *Celosia cristata pyramidalis* (Bunga Jengger Ayam), (C) *Melastoma melabathricum* (Senduduk), (D) *Iris lacteal var. chinensis* (Bunga Iris), (E) *Euphorbia milii* (Mahkota Duri), dan (F) *Tagetes patula* (Marigold Perancis). (Liu *et al.*, 2017)

Secara umum, tanaman hias dibagi menjadi dua jenis yaitu tanaman terestrial (darat) dan tanaman air. Tanaman air pun masih dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu: tanaman yang muncul, terapung, dan terendam (Gambar 3). Beberapa faktor utama yang mempengaruhi sebaran tumbuhan air adalah kedalaman dan durasi tergenang. Faktor-faktor lain yang dapat mengendalikan distribusi, kelimpahan, dan bentuk pertumbuhan tanaman hias air adalah unsur hara, gelombang, adanya penggembalaan ternak, salinitas, dan kontaminan.



Gambar 3. Klasifikasi tanaman hias darat dan air (Nakbanpote *et al.*, 2016)

Pada beberapa kasus, tanaman hias dibudidayakan karena memiliki tujuan lain seperti produksi parfum. Tanaman hias tidak hanya membuat lingkungan menjadi berwarna tetapi juga memulihkan lingkungan yang terkontaminasi. Tanaman hias secara visual akan menghiasi lingkungan area yang terkena dampak logam. Karena banyak dari tanaman tersebut bukan tanaman yang dapat dimakan, maka risiko terhadap rantai makanan dapat dikurangi (Nakbanpote *et al.*, 2016).

Fitoremediasi cemaran timbal (Pb) menggunakan tanaman hias darat

Keanekaragaman hayati tanaman yang dimiliki oleh Indonesia merupakan sumberdaya genetik yang potensial. Terdapat berbagai jenis tanaman asli Nusantara yang mempunyai kemampuan untuk mendegradasi dan mengakumulasi logam berat (hiperakumulator). Tumbuhan hiperakumulator merupakan tumbuhan yang mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam di dalam biomasnya dalam kadar yang sangat tinggi. Untuk tanaman hias, bagian tubuh tanaman yang digunakan untuk logam berat biasanya terdapat pada bagian akar maupun batang (Irhamni *et al.*, 2017). Salah satu ciri tanaman yang toleran dan berpotensi untuk menjadi hiperakumulator adalah kemampuannya untuk tumbuh di lingkungan yang tercemar. Suatu tumbuhan dapat disebut hiperakumulator apabila memiliki karakter-karakter sebagai berikut: (i) memiliki laju penyerapan unsur dari tanah lebih tinggi dibanding tanaman lainnya, (ii) dapat mentoleransi unsur dalam tingkat yang tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, dan (iii) memiliki laju translokasi logam berat dari akar ke tajuk yang tinggi sehingga akumulasinya pada tajuk lebih tinggi dari pada akar (Sidauruk, 2015).

Haryanti *et al.* (2013) melakukan penelitian pada berbagai tanaman hias seperti Sambang Dara (*Excoecaria cochinchensis*), Lidah Mertua (*Sansevieria trifasciata* Prain), Sri Rezeki (*Aglaonema* sp), Lipen (*Aglaonema commutatum*), Aglonema merah (*Donna carmen*), Pucuk Merah (*Syzigiu oleina*), Puring (*Codiaeum variegatum*), dan Hanjuang (*Cordyline fruticosa*). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kemampuan tanaman hias dalam menyerap logam Pb berbeda-beda dan bergantung pada dengan jenis tanamannya. Tanaman Hanjuang (*Cordyline fruticosa*) mempunyai kemampuan menyerap logam Pb yang lebih tinggi dengan nilai 2,36 mg/kg/hari, diikuti oleh tanaman Sambang Dara (*Excoecaria cochinchensis*) dengan nilai 1,70 mg/kg/hari. Selain itu, pada penelitian ini

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

juga diketahui bahwa efisiensi penyerapan logam Pb oleh tanaman yang tertinggi dimiliki oleh tanaman Hanjuang (*Cordyline frucosa*) yaitu 44,28%.

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Sidauruk dan Sipayung (2015) pada delapan jenis tanaman hias yaitu: *Sansevieria trifasciata* (Lidah Mertua), *Dracaena fragrans* (Sri Gading), *Diffenbachia sp* (Blanceng), *Phylodendron hederaceam* (Daun Hati), *Agave sp* (Lidah Naga), *Codiatum variegatum* (Puring), *Anthurium crystallium* (Anthurium) dan *Chrysalidocarpus lutescens* (Palem Kuning). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa serapan logam berat paling tinggi selama tiga bulan penelitian terdapat pada tanaman *Codiatum variegatum* (291 mg/kg) diikuti oleh *Diffenbachia sp.* (246 mg/kg), *Chrysalidocarpus lutescens* (185 mg/kg), *Sansevieria trifasciata* (162 mg/kg) dan *Dracaena fragrans* (102 mg/kg). Selain itu, Subhashini & Swamy (2013) telah melakukan penelitian pada *Catharanthus roseus* (Tapak Dara) yang digunakan untuk fitoremediasi timbal dan nikel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa timbal dan nikel lebih banyak terakumulasi pada akar dibandingkan batang dan daun. Disimpulkan bahwa spesies tanaman tersebut merupakan akumulator timbal dan nikel yang baik. Hasil studi Juhriah *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa tanaman hias *Zinnia elegans* (Jacq.) Kuntze (Bunga Kertas) dan *Impatiens balsamina L.*, (Bunga Pacar Air) memiliki kemampuan dalam mengakumulasi timbal. Dalam kurun waktu 12 pekan, kedua tanaman ini mampu menurunkan kandungan Pb dalam tanah lebih dari 50%. Nakbanpote *et al.*, (2016) telah melakukan klasifikasi pada berbagai jenis tanaman darat (*terrestrial*) yang berpotensi untuk dimanfaatkan untuk meremediasi cemaran timbal (Pb) pada tanah seperti *Nerium oleander* (Bunga Mentega), *Impatiens balsamina* (Pacar Air), *Calendula officinalis* (Marigold), *Althaea rosea* (Hollyhock), *Calendula alata* (Marigold), *Quamoclit pennata* (Rincik Bumi), *Antirrhinum majus* (Bunga Mulut Singa), *Chrysantemum maximum* (Krisan), *Ricinus communis* (Jarak), *Tagetes patula* (Marigold Perancis), dan *Celosia cristata* (Bunga Jengger Ayam). Kemampuan berbagai tanaman dalam mengakumulasi timbal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kemampuan beberapa tanaman hias darat sebagai fitoremediator timbal (Pb)

Tanaman	Penyerapan (mg/kg/hari)	Referensi
Hanjuang (<i>Cordyline frucosa</i>)	2,36	Haryanti <i>et al.</i> (2013)
Sambang Dara (<i>Excoecaria cochinchensis</i>)	1,70	Haryanti <i>et al.</i> (2013)
Lipen (<i>Aglaonema commutatum</i>)	1,60	Haryanti <i>et al.</i> (2013)
Sri Rezeki (<i>Aglaonema sp</i>)	1,32	Haryanti <i>et al.</i> (2013)
Pucuk Merah (<i>Syzigiu oleina</i>)	1,19	Haryanti <i>et al.</i> (2013)
Aglonema Merah (<i>Donna carmen</i>)	0,99	Haryanti <i>et al.</i> (2013)
Puring (<i>Codiaeum variegatum</i>)	0,83	Haryanti <i>et al.</i> (2013)
	3,23	Sidauruk dan Sipayung (2015)*
Lidah Mertua (<i>Sansevieria trifasciata Prain</i>)	0,65	Haryanti <i>et al.</i> (2013)
	1,80	Sidauruk dan Sipayung (2015)*
Sri Gading (<i>Dracaena fragrans</i>)	1,13	Sidauruk dan Sipayung (2015)*
Blanceng (<i>Diffenbachia sp.</i>)	2,73	Sidauruk dan Sipayung (2015)*
Palem Kuning (<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>)	2,06	Sidauruk dan Sipayung (2015)*
Daun Hati (<i>Phylodendron hederaceam</i>)	0,90	Sidauruk dan Sipayung (2015)*
	0,80	Sidauruk dan Sipayung (2015)*
Anthurium (<i>Anthurium crystallium</i>)		
Lidah Naga (<i>Agave sp.</i>)	0,76	Sidauruk dan Sipayung (2015)*
Tapak Dara (<i>Catharantus roseus</i>)	0,80	Subashini & Swamy (2013)**

Keterangan : **Percobaan dilakukan selama 90 hari, *Percobaan dilakukan selama 60 hari

Fitoremediasi cemaran timbal (Pb) menggunakan tanaman hias perairan

Tumbuhan akuatik yang dikenal oleh masyarakat sebagai tanaman hias biasanya dikarenakan memiliki bentuk, warna daun, serta bunga yang indah. Selain bernilai estetik,

tumbuhan akuatik memiliki nilai ekologi yang tinggi, salah satunya dalam fitoremediasi (Irawanto & Mangkoedihardjo, 2015). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Irhamni *et al.* (2017), tanaman air hiperakumulator yang dapat menyerap logam berat telah berevolusi melalui struktur dan fisiologinya dalam membentuk jaringan aerenkim didalam akar dan batang. Menurut Ali *et al.* (2020), enceng gondok (*Eichhornia crassipes*), pakis air (*Salvinia sp.*), spiroдела (*Spirodela intermedia*), lumut tanduk (*Ceratophyllum demersum*), bijanggut air (*Mentha aquatica*), rumput tali halus (*Spartina alterniflora*), rumput buluh (*Phragmites australis*) dan gulma bebek (*Lemna minor* dan *Lemna gibba*) merupakan tanaman hias akumulator logam yang baik untuk remediasi air yang tercemar timbal (Pb).

Penelitian lain telah dilakukan oleh Irawanto & Munandar (2017), yang memperoleh hasil bahwa *Lemna minor* dan *Ceratophyllum demersum* dapat bertahan hidup pada cemaran logam berat timbal hingga 5 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman *Lemna minor* adalah tanaman yang toleran terhadap cekaman cemaran logam berat timbal. Hasil lainnya dari penelitian ini adalah *Ceratophyllum demersum* dan *Lemna minor* efektif menurunkan kandungan logam berat Pb sebagaimana dicatat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kemampuan beberapa tanaman hias air sebagai fitoremediator timbal (Pb)

Tanaman	Laju penurunan konsentrasi Pb (%)	Referensi
Enceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	73-98	Ali <i>et al.</i> (2020)
Pakis Air (<i>Salvinia sp.</i>)	35-97	Ali <i>et al.</i> (2020)
Gulma Bebek (<i>Lemna minor</i> dan <i>Lemna Gibba</i>)	75,5-98	Irwanto & Munandar (2017); Ali <i>et al.</i> (2020)
Lumut Tanduk (<i>Ceratophyllum demersum</i>)	75,5-81,2	Irwanto & Munandar (2017)

PENERAPAN FITOREMEDIASI TIMBAL PADA WILAYAH PERKOTAAN

Penggunaan tanaman fitoremediator timbal dapat menjadi solusi bagi terpenuhinya ruang terbuka hijau di wilayah perkotaan. Hal ini mengingat wilayah perkotaan menjadi salah satu area yang terdampak pencemaran timbal. Menurut Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, ruang terbuka hijau adalah area memanjang/jalur dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja di tanam. Ruang terbuka hijau sendiri terdiri dari ruang terbuka hijau publik dan ruang terbuka hijau privat. Ruang terbuka hijau publik meliputi taman kota, taman pemakaman umum, serta jalur hijau sepanjang jalan, sungai, dan pantai. Sementara itu, ruang terbuka hijau privat terdiri dari kebun atau halaman rumah atau gedung yang ditanami tumbuhan. Proporsi ruang terbuka hijau pada wilayah kota paling sedikit 30% dari luas wilayah kota. Adapun proporsi ruang terbuka hijau publik pada wilayah kota paling sedikit 20% dari luas wilayah kota (Pemerintah Indonesia, 2007). Menurut Adiyanta (2018), fungsi ruang publik dan ruang hijau kota selain mempunyai fungsi utama sebagai ruang interaksi sosial masyarakat kota dan jantung keseimbangan ekosistem serta lingkungan hidup kota. Pemenuhan tanggung jawab pengelolaan, peruntukan, dan pemanfaatan ruang publik memerlukan sinergi antara pemerintah, masyarakat, dan pihak swasta.

Dari berbagai literatur maupun makalah penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya, berbagai tanaman hias memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam timbal (Pb) sehingga berpotensi dalam fitoremediasi timbal di wilayah perkotaan. Jenis tanaman hias yang dapat digunakan sebagai fitoremediator sangatlah bervariasi mulai dari tanaman bunga, tanaman berdaun, pakis, lumut, hingga rumput. Namun, perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai tanaman-tanaman hias yang berpotensi sebagai fitoremediator timbal,

sehingga mampu menoleransi dan mengakumulasi cemaran timbal di wilayah perkotaan secara efektif.

KESIMPULAN

Dari penulisan karya ilmiah ini telah diketahui mekanisme fitoremediasi cemaran timbal (Pb) menggunakan tanaman hias dan jenis-jenis tanaman hias yang dapat digunakan untuk meremediasi cemaran timbal. Tanaman hias merupakan kandidat yang sangat tepat untuk fitoremediasi karena umumnya tidak dikonsumsi sehingga bisa menghindarkan dari bahaya keracunan. Banyak spesies tanaman hias yang menunjukkan kapasitas tinggi dalam menoleransi serta mengakumulasi logam berat dan kontaminan organik sehingga dapat memperbaiki tanah yang terkontaminasi sekaligus mempercantik lingkungan. Tanaman hias cenderung mengakumulasi polutan dalam biomassa nonpangannya, sehingga meningkatkan nilai ekonomi dan ekologi secara signifikan. Harapannya, tanah yang telah diremediasi akan dapat dimanfaatkan kembali secara aman di masa depan. Seiring berjalannya waktu, populasi manusia terus bertambah sedangkan luas lahan di bumi tidak bertambah. Penggunaan tanaman fitoremediator timbal berpotensi mengisi ruang terbuka hijau yang ada di perkotaan. Oleh karena itu, fitoremediasi adalah salah satu solusi yang dapat dilakukan agar dapat memanfaatkan kembali lahan-lahan yang tercemar timbal di wilayah perkotaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak dan Ibu Dosen Magister Agroteknologi UPN “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan ilmu kepada penulis untuk menyusun karya ilmiah dan mempublikasikan hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyanta, F. C. S. (2018). Urgensi ketersediaan ruang terbuka hijau sebagai ruang publik dalam tata kota berwawasan lingkungan hidup. *Gema Keadilan*, 5(1), 52-73.
- Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation of heavy metals-Concepts and applications. *Chemosphere* 91(7), 869–881. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>
- Ali, S., Abbas, Z., Rizwan, M., Zaheer, I. E., Yavas, I., Ünay, A., Abdel-Daim, M. M., Bin-Jumah, M., Hasanuzzaman, M., & Kalderis, D. (2020). Application of floating aquatic plants in phytoremediation of heavy metals polluted water: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 12(5), 1–33. <https://doi.org/10.3390/su12051927>
- Antoniadis, V., Levizou, E., Shaheen, S. M., Ok, Y. S., Sebastian, A., Baum, C., Prasad, M. N. V., Wenzel, W. W., & Rinklebe, J. (2017). Trace elements in the soil-plant interface: Phytoavailability, translocation, and phytoremediation—A review. *Earth-Science Reviews*, 171, 621–645. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.06.005>
- Ashraf, S., Ali, Q., Zahir, Z. A., Ashraf, S., & Asghar, H. N. (2019). Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 174(November 2018), 714–727. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.068>
- Juhriah, Fadila, N., Mutmainnah, & Islamiah, D. (2023). Kemampuan tanaman hias bunga *Zinnia elegans* (Jacq.) Kuntze and *Impatiens balsamina* L. dalam fitoremediasi tanah

- tercemar logam berat timbal (Pb) dari lokasi pembuangan sampah Tamangapa Antang Makassar. *BIOMA*, 8(1), 76–83.
- Haryanti, D., Budianta, D., & Salni, S. (2013). Potensi beberapa jenis tanaman hias sebagai fitoremediasi Logam timbal (Pb) dalam tanah. *Jurnal Penelitian Sains*, 16(2), 53–58.
- Irawanto, R., & Mangkoedihardjo, S. (2015). Fitoforensik logam berat (Pb Dan Cd) pada tumbuhan akuatik (*Acanthus Ilcifolius* dan *Coix Lacryma-Jobi*). *Jurnal Purifikasi*, 15(1), 53–66. <https://purifikasi.id/index.php/purifikasi/article/view/25>
- Irawanto, R., & Munandar, A. A. (2017). Kemampuan tumbuhan akuatik *Lemna minor* dan *Ceratophyllum demersum* sebagai fitoremediator logam berat timbal (Pb). *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 3(3), 446–452. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m030325>
- Irharni, I., Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2017). Kajian akumulator beberapa tumbuhan air dalam menyerap logam berat secara fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 1(2), 75–84.
- Larsen, B., & Sánchez-Triana, E. (2023). Global health burden and cost of lead exposure in children and adults : a health impact and economic modelling analysis. *Lancet Planet Health*, 7(10), e831-e840. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(23\)00166-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(23)00166-3)
- Liu, J., Xin, X., & Zhou, Q. (2017). Phytoremediation of contaminated soils using ornamental plants. *Environmental Reviews*, 26(1), 43–54. <https://doi.org/10.1139/er-2017-0022>
- Nakbanpote, W., Meesungnoen, O., & Prasad, M. N. V. (2016). Potential of ornamental plants for phytoremediation of heavy metals and income generation. In *Bioremediation and Bioeconomy* (Issue Cd). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802830-8.00009-5>
- Pemerintah Indonesia. (2007). *Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 68.
- Puspitasari, D. J., & Khaeruddin. (2016). Kajian bioremediasi pada tanah tercemar pestisida. *KOVALEN*, 2(3), 98-106.
- Raj, K., & Das, A. P. (2023). Lead pollution: Impact on environment and human health and approach for a sustainable solution. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology* 2023 (5), 79-85. <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2023.02.001>
- Sidauruk, L., & Sipayung, P. (2015). Fitoremediasi lahan tercemar di kawasan industri medan dengan tanaman hias. *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(2), 178–186. <https://doi.org/10.32734/jpt.v2i2.2901>
- Subhashini, V., & Swamy, A. V. V. S. (2013). Phytoremediation of Pb and Ni Contaminated Soils Using *Catharanthus roseus* (L.). 3(4), 465–472.
- Sukono, G. A. B., Hikmawan, F. R., Evitasari, E., & Satriawan, D. (2020). Mekanisme Fitoremediasi: Review. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(2), 40–47. <https://doi.org/10.35970/jppl.v2i2.360>
- Vyatravan, L. (2015). *Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Metode Soil Washing dan Biostimulasi*. [Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember].